

**PENGARUH APLIKASI TEKNOLOGI *Dielectric Barrier Discharge-UV Plasma*
TERHADAP SIFAT FISIK DAN KIMIA TELUR AYAM (*Gallus gallus
domesticus*)**

**Tugas Akhir Berbentuk Karya Ilmiah Kompetitif
(Progam Kreativitas Mahasiswa – Karsa Cipta)**

Oleh:

ALDILAH DAYDEVA

1451001001110005



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2017

**PENGARUH APLIKASI TEKNOLOGI *Dielectric Barrier Discharge-UV Plasma*
TERHADAP SIFAT FISIK DAN KIMIA TELUR AYAM (*Gallus gallus
domesticus*)**

Oleh:

ALDILAH DAYDEVA

1451001001110005

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknologi Pertanian**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2017

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Pengaruh Aplikasi Teknologi *Dielectric Barrier Discharge-UV Plasma* terhadap Sifat Fisik dan Kimia pada Telur Ayam (*Gallus gallus domesticus*)

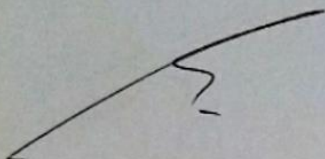
Nama : Aldilah Daydeva

NIM : 145100100111005

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

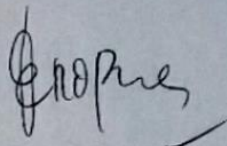
Fakultas : Fakultas Teknologi Pertanian

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Elok Zubaidah, MP.

NIP. 19590821 199303 2 001

Dosen Pembimbing II

Endrika Widyastuti, SPT, MP, M.Sc.

NIP. 19850925 201212 2 002

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Pengaruh Aplikasi Teknologi *Dielectric Barrier Discharge-UV Plasma* terhadap Sifat Fisik dan Kimia pada Telur Ayam (*Gallus gallus domesticus*)

Nama : Aldilah Daydeva

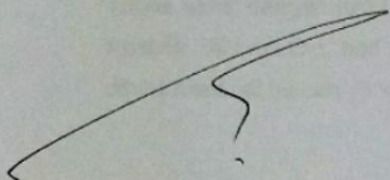
NIM : 145100100111005

Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian

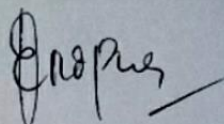
Fakultas : Fakultas Teknologi Pertanian

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Elok Zubaidah, MP.

NIP. 19590821 199303 2 001

Endrika Widyastuti, SPT, MP, M.Sc.

NIP. 19850925 201212 2 002

Ketua Jurusan
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Universitas Brawijaya

Prof. Dr. Teti Estiasih, STP., MP.

NIP. 19701226 200212 2 001

Tanggal Persetujuan:

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

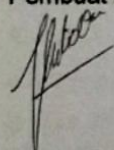
Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Aldilah Daydeva
 NIM : 145100100111005
 Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian
 Fakultas : Teknologi Pertanian
 Judul Skripsi : Pengaruh Aplikasi Teknologi *Dielectric Barrier Discharge-UV Plasma* terhadap Sifat Fisik dan Kimia pada Telur Ayam Konsumsi

Menyatakan bahwa,

Tugas akhir dengan judul diatas merupakan karya asli penulis tersebut diatas. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang,
 Pembuat Pernyataan



Aldilah Daydeva
 NIM. 145100100111005

KATA PENGANTAR

Allhamdulillah, segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul Pengaruh Aplikasi Teknologi *Dielectric Barrier Discharge- UV Plasma* terhadap Sifat Fisik dan Kimia pada Telur Ayam (*Gallus gallus domesticus*). Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Skripsi ini dapat terselesaikan karena dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Elok Zubaidah, MP. dan Endrika Widyastuti, SPt, MP, M.Sc. selaku dosen pembimbing terbaik hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Teti Estiasih, STP., MP selaku ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya Malang
3. Kedua orang tua tercinta, Chanafi dan Eliza Joelisty Oentoro serta segenap keluarga atas kasih sayang, doa, perhatian dan dukungan baik moril maupun materiil.
4. Minions (Dite, Tia, Yuni, Dewi) yang selalu menjadi tempat berkeluh kesah, bersenda gurau, gosip bersama selama 4 tahun ini di dunia perkampusan
5. ARCI (Emma, Casil, Dika, Pandu, Ramdhan, Besari, Meris) yang sempet dianggep gank-gank-an sama kakak tingkat karena kekompakan kita
6. Tim PKM Monster (Mbak Dina, Mbak Hilda, Mbak Eka) yang akhirnya jadi penelitian saya dan yang mengajarkan apa artinya hidup yang “keras” bagaimana
7. Temen-temen Cucok Rumpi (Monica, Devina, Yola, Veda, Naomi) dan Freund (Rocky dan Agnes) penghibur lara saat sedang stress mikirin kuliah
7. Teman-teman THP 2014 yang telah menjadi keluarga besar selama 4 tahun ini
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

Malang, Februari 2018

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 6 September 1996 dari pasangan suami istri Chanafi dan Eliza Joelistya Oentoro. Penulis merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis menempuh jenjang Sekolah Dasar di SDN Tanah Kali Kedinding 2/252 Surabaya dan selesai pada tahun 2008. Selanjutnya meneruskan ke SMPK Widyatama Batu dan lulus pada tahun 2011 serta menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAK Santa Maria Malang pada tahun 2014.

Tahun 2018 menjadi tahun paling bersejarah bagi penulis karena berhasil menyelesaikan pendidikannya pada tingkat Strata 1 di Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Brawijaya. Selama pendidikannya, penulis aktif diberbagai kegiatan mahasiswa seperti organisasi, kepanitiaan, dan lomba Karya Tulis Ilmiah Tingkat Nasional. Jejak penulis dikegiatan kepanitiaan dimana penulis pernah menjabat sebagai Anggota Publikasi, Dokumentasi dan Dekorasi tahun 2015, dan lain-lain. Riwayat organisasi penulis yaitu pernah menjabat sebagai Staff Ahli Bidang Hubungan Masyarakat di Organisasi Agritech Research and Study Club Fakultas Teknologi Pertanian.

Sewaktu mahasiswa baru penulis sudah mulai merambah ke dunia kepenulisan khususnya bidang bisnis dan menjadi juara 2 dalam ajang Lomba Bisnis Plan yang diadakan di Fakultas Teknologi Pertanian tahun 2015. Penulis juga pernah mengikuti Lomba OSN Pertamina dan masuk dalam 45 besar, menjadi finalis Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional yang diadakan di UMI periode 2016/2017 dan meraih medali emas presentasi serta medali perak poster di Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional XXX Bidang Karsa Cipta tahun 2017.

Aldilah Daydeva. 145100100111005. Pengaruh Aplikasi Teknologi *Dielectric Barrier Discharge-UV Plasma* terhadap Sifat Fisik dan Kimia pada Telur Ayam (*Gallus gallus domesticus*).

SKRIPSI

Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Elok Zubaidah, MP dan Endrika Widyastuti SPt., MP., M.Sc

RINGKASAN

Telur merupakan bahan pangan yang mengandung nilai gizi tinggi, mudah diolah dan harganya relatif murah jika dibandingkan dengan sumber protein hewani lainnya. Telur merupakan bahan pangan yang mudah rusak baik secara fisik, mikrobiologi, maupun kimia. Kerusakan telur yang tampak dari luar berupa kerusakan fisik, seperti retak dan pecah akibat pengepakan yang kurang rapi atau penanganan yang kurang hati-hati. Kerusakan mikrobiologi telur disebabkan oleh masuknya mikroba ke dalam telur yang terjadi sebelum atau setelah keluar dari induknya, sehingga mikroba akan berkembang di dalam telur. Kerusakan kimia telur ditandai dengan naiknya pH, dimana akan menyebabkan putih telur menjadi encer dan berat telur menjadi turun sehingga kesegaran telur berkurang. Salah satu cara untuk memperpanjang umur simpan telur adalah dengan sterilisasi berbasis *Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma*. Metode DBD plasma ini memanfaatkan lapisan dielektrik yang memungkinkan plasma melakukan kontak dengan elektroda sehingga menghasilkan gas ionisasi yang kemudian masuk ke dalam pori-pori telur dan menyebabkan membran bakteri dalam telur lisis. Hasil yang diperoleh dari sterilisasi telur ayam ras menggunakan DBD plasma yaitu selama penyimpanan 14 hari, kualitas fisik maupun kimia telur ayam masih baik. Sebaliknya telur tanpa perlakuan *Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma* tidak sebaik dengan telur yang diberi perlakuan. Ditandai dengan nilai HU

60.38 dimana masih memiliki mutu A. Sedangkan untuk nilai HU pada telur tanpa perlakuan sebesar 54.22 dengan mutu B. Untuk nilai pH pada putih telur dan kuning telur menggunakan DBD Plasma masih pada batas normal telur segar, meskipun telah 14 hari penyimpanan. Sedangkan untuk telur tanpa perlakuan DBD Plasma pada putih telur terlalu basa sedangkan pada kuning telur terlalu asam. Selain itu nutrisi pada telur ayam ras yang disterilisasi menggunakan *Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma* mengalami peningkatan.

Kata kunci: Telur, *Dielectric Barrier Discharge Plasma*, Penyimpanan, *Haugh Unit*

repository.ub.ac.id

Aldilah Daydeva. 145100100111005. The Effect of Dielectric Barrier Discharge-UV Plasma Technology Application to Physical and Chemical Properties of Chicken Egg (*Gallus gallus domesticus*)

RESEARCH PAPER

Supervisor: Dr. Ir. Elok Zubaidah, MP dan Endrika Widyastuti SPt., MP., M.Sc

SUMMARY

Eggs are foods that contain high nutritional value, easy to process and the price is cheap if compared with other food source of animal protein. Eggs are easily damaged food both physically, microbiologically, and chemically. Eggs damage that appear from the outside of physical damage, such as cracks and rupture due to packing a less groomed or less careful handling. The microbiological damage of eggs is caused by the entry of microbes into the eggs that occur before or after exit from the mother, so that the microbe will develop inside the egg. Egg chemical damage is characterized by an increase in pH, which will cause the egg whites to dilute and the egg weight becomes decreased so that the freshness of the eggs is reduced. One way to prolong egg shelf life is by sterilizing Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma. DBD plasma method utilizes a dielectric layer which allows the plasma in contact with electrodes to produce ionization gas then enters into the pores and causes membrane of bacteria in the egg lysis. Results obtained from the sterilization of eggs using Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma that during the storage of 14 days, physical and chemical quality of chicken eggs is still good. Conversely eggs without the treatment of Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma is not as good as the treated eggs. Marked with the value of HU 60.38 where still have the quality of A. While for the value of HU on eggs without treatment amounting to 54.22 with quality B. For pH values in albumen and egg yolk used DBD plasma, still at normal limits of fresh eggs, although it has been 14 days of storage. As for the eggs without treatment of DBD plasma on albumen is too alkaline while in the yolk is too acidic. In addition, the nutrients in eggs sterilized by using Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma have increased.

Keywords: Egg, Dielectric Barrier Discharge Plasma, Storage, Haugh Unit

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TA	v
KATA PENGANTAR	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Luaran yang Diharapkan	2
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Telur dan Komposisi Telur	4
2.2 Kualitas Telur	6
2.3 Haugh Unit	8
2.4 Teknologi Plasma	8
2.4.1 Teknologi Plasma dengan DBD (<i>Dielectric Barrier Discharge</i>)	8
2.4.2 Sinar UV	9
BAB 3 METODE PENELITIAN DAN PELAKSANAAN	10
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.2.1 Alat dan Bahan Pembuatan Prototipe	10
3.2.2 Alat dan Bahan Pengujian	10
3.3 Pendekatan Penelitian	10
3.4 Prosedur Penelitian	12
3.4.1 Tahapan Persiapan Bahan Baku	12

3.4.2 Tahap Aplikasi MONSTER Pada Telur Ayam Ras	12
3.4.3 Tahap Pengujian Telur Ayam Ras	12
3.5 Diagram Alir Tahapan Kegiatan	13
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Rangkaian Alat	15
4.2 Cara Kerja Prototipe	16
4.3 Hasil Pengujian	17
4.3.1 Hasil Perhitungan Tegangan Output	17
4.3.2 Hasil Pengujian Frekuensi	18
4.3.3 Hasil Pengujian Suhu	19
4.3.4 Hasil Pengujian Haugh Unit dari Telur Ayam	19
4.3.5 Hasil Pengujian Indeks Kuning Telur (IKT) dari Telur Ayam	23
4.3.6 Hasil Pengujian pH Putih Telur	25
4.3.7 Hasil Pengujian pH Kuning Telur	27
4.3.8 Hasil Pengujian Nutrisi Telur Ayam	29
BAB 5 PENUTUP	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas Maksimum Cemaran Mikroba pada Telur	4
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Perbandingan Tegangan Masukan dan Tegangan Keluaran	18
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran Suhu	19
Tabel 4.3	Hasil Uji Haugh Unit Selama Penyimpanan 14 Hari	22
Tabel 4.4	Nilai Indeks Kuning Telur Selama Penyimpanan 14 Hari	25
Tabel 4.5	Nilai pH Putih Telur Selama Penyimpanan 14 Hari	27
Tabel 4.6	Nilai pH Kuning Telur Selama Penyimpanan 14 Hari	29
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Proksimat Penyimpanan Awal dan Akhir	29



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur bagian-bagian telur	6
Gambar 3.1	Desain Prototipe Alat Sterilisasi Berbasis Teknologi DBD Plasma	12
Gambar 3.2	Diagram Alir Tahapan Kegiatan	14
Gambar 4.1	Implementasi Prototipe Alat Sterilisasi Berbasis Teknologi DBD Plasma	15
Gambar 4.2	Proses Sterilisasi Telur	16
Gambar 4.3	Hubungan Tegangan Masukan dan Tegangan	18
Gambar 4.4	Hubungan Lama Penyimpanan dan Nilai <i>Haugh Unit</i>	20
Gambar 4.5	Hubungan Lama Penyimpanan dan Indeks Kuning Telur	23
Gambar 4.6	Hubungan Lama Penyimpanan dan pH Putih Telur	25
Gambar 4.7	Hubungan Lama Penyimpanan dan pH Kuning Telur	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Spesifikasi Alat	40
Lampiran 2	Hasil Pengujian Tegangan	41
Lampiran 3	Perhitungan HU, IKT, pH Kuning dan Putih Telur	42
Lampiran 4	Hasil Pengujian Nutrisi Hari ke-0	44
Lampiran 5	Hasil Pengujian Nutrisi Hari ke-14	45
Lampiran 6	Dokumentasi Kegiatan	46
Lampiran 7	Surat Keputusan Bebas Skripsi	47





BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Telur merupakan bahan pangan yang mengandung nilai gizi tinggi, mudah diolah dan harganya relatif murah jika dibandingkan dengan sumber protein hewani lainnya (Litbang Pertanian, 2010). Telur berperan penting dalam mengatasi rendahnya konsumsi protein hewani di Indonesia. Produksi telur ayam Indonesia meningkat rata-rata 3.29% per tahun, ketersediaan telur ayam konsumsi akan meningkat 3.66% per tahun, dan permintaan konsumsi nasional akan meningkat 4.78% per tahun (Nuryati *et al.*, 2015).

Telur merupakan bahan pangan dengan struktur fisik yang khas, dan tersusun atas 3 bagian yaitu kulit, kantung udara, dan isi yang terdiri dari putih telur dan kuning telur (Refriyetni, 2011). Telur merupakan bahan pangan yang mudah rusak baik secara fisik, mikrobiologi, maupun kimia (Sudaryani, 2003). Telur ayam (*Gallus gallus domesticus*) mudah mengalami penurunan kualitas yang disebabkan oleh kerusakan secara fisik, serta penguapan air, karbondioksida, ammonia, nitrogen, dan hidrogen sulfida dari dalam telur (Muchtadi dkk., 2010). Lama penyimpanan menentukan kualitas telur, semakin lama telur disimpan, kualitas dan kesegaran telur semakin menurun (Haryoto, 2010). Jika dibiarkan dalam udara terbuka (suhu ruang) telur hanya tahan 10- 14hari, setelah waktu tersebut telur mengalami perubahan-perubahan ke arah kerusakan seperti terjadinya penguapan kadar air melalui pori kulit telur yang berakibat kurangnya berat telur, perubahan komposisi kimia dan terjadinya pengenceran isi telur (Cornelia dkk., 2014). Telur yang dijual dipasaran tersimpan sekitar tujuh hari. Telur tersebut masih menunjukkan kualitas yang masih baik (Djaelani, 2016).

Berbagai cara dilakukan agar kualitas telur dapat dipertahankan dalam waktu yang lebih lama. Prinsip dalam pengawetan telur segar adalah mencegah penguapan air dan terlepasnya gas-gas lain dari didalam telur selama mungkin (Warintek, 2016). Menurut Wan *et al.* (2017), DBD (*Dielectric Barrier Discharge*)-UV plasma yang dapat digunakan untuk membunuh bakteri *Salmonella sp.* Metode DBD plasma ini memanfaatkan lempengan elektroda aluminium dan akrilik (lapisan dielektrik) yang diletakkan pada bagian bawah di dalam ruang plasma alat dan memungkinkan plasma melakukan kontak dengan

elektroda sehingga dapat menghasilkan lucutan elektron yang dapat mengionisasi gas di dalam ruang alat sterilisasi. Kemudian, gas terionisasi ini akan bereaksi dengan membran sel dari bakteri *Salmonella sp.* sehingga mengakibatkan pecahnya membran atau lisis dan isi sel dari bakteri keluar kemudian mati (Nur, 2011). Lampu UV 10 Watt yang digunakan untuk mensterilisasi ruang plasma dan mampu mencegah dekontaminasi mikroorganisme.

Berdasarkan beberapa penelitian menggunakan DBD (*Dielectric Barrier Discharge*) untuk memperpanjang umur simpan bahan pangan antara lain ikan kembung (Teke, 2014) mengatakan bahwa selama penyimpanan 12 hari menunjukkan dapat menjaga kualitas asam amino ikan kembung. Kemudian untuk pengawetan cabai merah (*Capsicum annum L.*) (Pratama, 2016). Kemudian pada penelitian Rijal (2015) menyatakan bahwa teknologi ini tidak mempengaruhi sifat fisik maupun kimia pada beras, sehingga penyimpanan menggunakan teknologi aman digunakan. Dari beberapa metode yang sudah dilakukan maka penulis melakukan penelitian tentang "Pengaruh Aplikasi Teknologi *Dielectric Barrier Discharge-UV Plasma* terhadap Sifat Fisik dan Kimia Telur Ayam (*Gallus gallus domesticus*)". Untuk mengetahui pengaruh DBD plasma pada kualitas fisik dan kimia telur ayam (*Gallus gallus domesticus*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh aplikasi DBD-Plasma terhadap kualitas fisik pada telur ayam (*Gallus gallus domesticus*) selama proses penyimpanan 14 hari?
2. Bagaimana pengaruh aplikasi DBD-Plasma terhadap kualitas kimia pada telur ayam (*Gallus gallus domesticus*) selama proses penyimpanan 14 hari?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh aplikasi DBD-Plasma terhadap kualitas fisik pada telur ayam (*Gallus gallus domesticus*).
2. Mengetahui pengaruh aplikasi DBD-Plasma terhadap kualitas kimia pada telur ayam (*Gallus gallus domesticus*).

1.4 Luaran Yang Diharapkan

Luaran yang diharapkan sebagai hasil kegiatan penelitian ini adalah terciptanya prototipe alat sterilisasi telur ayam yang berbasis teknologi *Dielectric Barrier Discharge Plasma* untuk menjaga keamanan pangan telur ayam (*Gallus*

gallus domesticus) dari bakteri yang berbahaya seperti *Salmonella* sp. dan kedepannya prototipe ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengembangan teknologi sterilisasi dengan menggunakan Dielectric Barrier Discharge Plasma. Serta didapatkannya data mengenai pengaruh sterilisasi DBD-Plasma terhadap daya sifat fisik dan kimia telur selama penyimpanan 14 hari. Kemudian, hasil dari program ini dipublikasikan secara ilmiah sehingga dapat menambah wawasan bagi akademisi maupun masyarakat.

1.5 Manfaat

Manfaat dari pelaksanaan program ini bagi akademisi untuk meningkatkan khasanah ilmu pengetahuan tentang pemanfaatan teknologi DBD- Plasma untuk sterilisasi telur ayam. Bagi masyarakat, untuk memberikan informasi tentang teknologi DBD-Plasma. Serta, bagi pemerintah untuk karya ilmiah yang memberikan solusi agar umur simpan telur lebih tahan lama



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Telur Ayam (*Gallus gallus domesticus*)

Telur merupakan bahan pangan hasil ternak unggas yang memiliki sumber protein hewani yang memiliki rasa lezat, mudah dicerna dan bergizi tinggi. Telur juga merupakan penyedia sumber energi bagi mikroba untuk pertumbuhan selnya. Sejak dikeluarkan dari kloaka, telur mengalami berbagai perubahan karena pengaruh waktu dan kondisi lingkungan yang akhirnya dapat menyebabkan kerusakan pada telur. Kerusakan tersebut dapat terjadi di luar dan di dalam isi telur. Kerusakan yang disebabkan oleh mikroba pada mulanya berasal dari luar telur merambat dari kulit telur ke putih telur dan akhirnya ke kuning telur (Afifah, 2013). Cemaran mikroba pada telur yang dapat membahayakan kesehatan manusia adalah *Coliform*, *E.coli*, *Enterococci*, *Salmonella* sp., *Champhylobacter* sp., dan *Listeria* sp. (Gustiani, 2009).

Salah satu bakteri yang dapat mengkontaminasi telur adalah *Salmonella* sp. yang mempunyai daya tahan tubuh yang sangat kuat dibandingkan dengan bakteri lainnya. Bakteri ini bertindak sebagai penyebab utama infeksi pada penyakit *foodborne disease*. *Salmonella* sp. dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti penyakit diare, *salmonellosis*, *gastroenteritis*, demam tifus, serta penyakit infeksi lokal lainnya (Prayoga dan Agustin, 2015). Batas maksimum cemaran mikroba pada telur (dalam satuan CFU/mL) SNI No. 01-6366-2000 disajikan pada (**Tabel 2.1**).

Tabel 2.1. Batas Maksimum Cemaran Mikroba pada Telur

Jenis Cemaran Mikroba	Satuan	Batas Maksimum Cemaran Mikroba	
		a	b
Total Plate Count (TPC)	cfu/g	1×10^5	$2,73 \times 10^5$
<i>Coliform</i>	cfu/g	$< 1 \times 10^2$	$8,31 \times 10^2$
<i>Escherichia coli</i> (*)	cfu/g	1×10^1	$1,70 \times 10^2$
<i>Salmonella</i> sp	per 25 g	Negatif	Positif

Sumber:

a. SNI 01-6366-2000 (DSN, 2000)

b. Fani, 2010

Telur dikelilingi oleh kulit setebal 0,2-0,4 mm yang berkapur dan berpori-pori. Kulit telur ayam berwarna putih-kuning sampai coklat, telur bebek berwarna kehijauan dan warna kulit telur burung puyuh ditandai dengan adanya bercak-

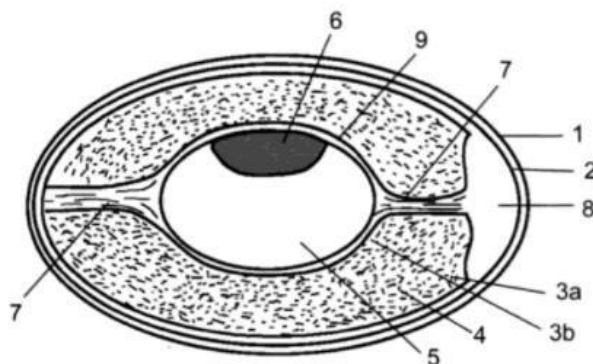
bercak (totol-totol) dengan warna tertentu. Bagian sebelah dalam kulit telur ditutupi oleh dua lapisan yang menempel satu dengan yang lain, tetapi keduanya akan terpisah pada ujung telur yang tumpul membentuk kantung udara. Kantung udara mempunyai diameter sekitar 5 mm pada telur segar dan bertambah besar ukurannya selama penyimpanan (Sriyuniarti, 2000). Kantung udara dapat digunakan untuk menentukan umur telur (Chandra, 2014).

Putih telur terdiri dari beberapa lapisan yang berbeda kekentalannya, yaitu lapisan encer luar, lapisan kental luar, lapisan kental dalam dan lapisan encer dalam (Sodak, 2011). Perbedaan kekentalan ini disebabkan perbedaan kandungan ovomucin. Putih telur terdiri atas 12% protein dan 88% air. Warna jernih atau kekuningan pada putih telur disebabkan oleh pigmen ovoflavin. Kandungan air putih telur lebih banyak dibandingkan dengan bagian lainnya sehingga selama penyimpanan bagian inilah yang paling mudah rusak. Kerusakan ini terjadi terutama disebabkan oleh keluarnya air dari serabut ovomucin yang berfungsi sebagai pembentuk struktur putih telur (Yamamoto *et al.*, 2007).

Putih telur atau albumen merupakan bagian telur yang berbentuk seperti gel, mengandung air dan terdiri atas empat fraksi yang berbeda-beda kekentalannya (Silverside and Scott, 2000). Bagian putih telur yang terletak dekat kuning telur lebih kental dan membentuk lapisan yang disebut kalaza (kalazaferous). Lapisan kalazaferous merupakan lapisan tipis tapi kuat yang mengelilingi kuning telur dan membentuk cabang ke arah dua sisi yang berlawanan membentuk kalaza. Kalaza ini berbentuk seperti tali yang bergulung dan yang satu menjulur ke arah ujung tumpul, dan yang lain ke arah ujung lancip dari telur. Dengan adanya kalaza ini, kuning telur pada telur segar akan berada di tengah-tengah telur. Bila diamati lebih jauh, kuning telur ternyata terdiri atas lapisan-lapisan gelap dan terang yang berselang-seling (Chandra, 2014).

Telur ayam segar konsumsi adalah telur ayam yang tidak mengalami proses pendinginan dan tidak mengalami penanganan pengawetan serta tidak menunjukkan tanda-tanda pertumbuhan embrio yang jelas, kuning telur belum tercampur dengan putih telur, utuh dan bersih (Dewan Standardisasi Nasional, 2008). Telur tersusun atas tiga bagian utama yaitu kerabang dengan membran kerabang, putih telur dan kuning telur. Sebutir telur ayam White Leghorn menurut Yamamoto *et al.* (2007) terdiri dari 28%-29% kuning telur, 60%-63% putih telur

dan 9%-11% kerabang. Struktur bagian-bagian telur ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



Keterangan Gambar:

- | | |
|---|---|
| 1. Kulit Luar (<i>shell</i>) | 6. Titik benih (lembaga) atau <i>germ spot</i> |
| 2. Selaput tipis | 7. Tali pengikat kuning telur (<i>chalazae</i>) |
| 3. Lapisan putih telur (<i>egg white</i>) | 8. Rongga udara (<i>air space</i>) |
| 4. Lapisan Putih Telur kental | 9. Lapisan luar kuning telur (<i>vitellin</i>) |
| 5. Kuning Telur | |

Gambar 2.1 Struktur bagian-bagian telur (Suprpti, 2002)

2.2 Kualitas Telur

Menurut Chandra (2014), kualitas telur merupakan kumpulan ciri-ciri telur yang mempengaruhi selera konsumen. Kualitas merupakan ciri atau sifat yang sama dari suatu produk yang menentukan derajat kesempurnaannya yang akan mempengaruhi penerimaan konsumen.

Kualitas fisik dan kimia sebutir telur tergantung pada kualitas isi telur dan kulit telur. Kualitas fisik telur ditunjukkan oleh karakteristik telur yang meliputi berat telur, bentuk telur, berat putih, kuning, dan kerabang telur, nilai haugh unit, indeks telur dan kuning telur. Kuning dan putih telur konsumsi harus bebas dari noda darah ataupun noda daging, putih telur harus bersifat kental dengan posisi kuning telur berada di bagian tengah dan berbentuk cembung. Kerabang telur harus dalam keadaan utuh, licin, dan bebas dari kotoran ayam yang menempel (DSN, 2008). Karakteristik kimia telur secara keseluruhan meliputi kandungan air, abu, protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral.

Menurut Ahmad (2015) bahwa kualitas telur dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

a. Kualitas AA (Mutu 1)

Kondisi telur bersih, halus, licin, tidak retak, dan bentuknya normal. Kedalaman kantung udara tidak boleh lebih dari 3,2 mm (SNI : < 0,5 cm). Putih telur harus bersih, kental dan stabil, dengan konsistensi seperti gelatin, Ketika diteropong, kuning telur tidak bergerak-gerak, berbentuk bulat, terletak ditengah

telur, kuning telur bersih dari bercak darah atau noda apapun. Bayangan batas-batas kuning dan putih telur ketika diteropong tidak terlihat jelas.

b. Kualitas A (Mutu 2)

Cangkang telur bersih, halus, licin, tidak retak, dan bentuknya normal. Kedalaman rongga udara tidak boleh lebih dari 4,8 mm (SNI : 0,5-0,9 cm). Putih telur harus bersih, dan kental. Bayangan batas-batas kuning dan putih telur ketika diteropong mulai terlihat agak jelas. Kuning telur berbentuk bulat, posisinya di tengah, harus bersih, dan tidak ada bercak atau noda.

c. Kualitas B (Mutu 3)

Cangkang bersih, tidak boleh retak, agak kasar, dan mungkin bentuknya abnormal. Kantung udara lebih dari 1,6 mm (SNI : > 1 cm). Putih telur encer, sehingga kuning telur bebas bergerak saat diteropong. Ada noda sedikit, tetapi tidak boleh ada benda asing lainnya dan bagian kuning belum tercampur dengan putih. Kuning telur terlihat gepeng (pipih) bentuknya, agak melebar, bintik atau noda darah mungkin ada, tetapi diameternya tidak boleh lebih dari 3,2 mm.

Faktor yang mempengaruhi kualitas telur ayam diantaranya adalah saat sesudah telur keluar dari organ reproduksi ayam. Telur yang dihasilkan oleh induk ayam perlu ditangani dengan tepat dan secepatnya, sehingga telur tidak mengalami penurunan kualitas. Pengambilan telur dari kandang baterai sebaiknya dilakukan sesering mungkin sehingga telur tidak terinjak atau dipatuk ayam (Bell *et al.*, 2002). Salah satu manajemen peternakan yang berhubungan dengan penanganan telur ayam adalah pengepakan. Pengepakan akan berpengaruh terhadap kerusakan telur karena telur pecah akan menekan kerusakan komponen dan sifat fisikokimia lainnya (Sodak, 2011). Beberapa sifat pengepak telur ayam yang berguna dalam pemasaran antara lain dapat menghindari kerusakan fisik, mengurangi evaporasi air, mengurangi kontaminasi kotoran dan penyerapan bau yang tidak diinginkan (Winarno, 2002).

Pengemasan telur ayam harus dilakukan secara hati-hati agar telur tidak retak. Lama dan suhu penyimpanan telur ayam turut berperan terhadap kualitas telur. Semakin lama telur ayam disimpan dapat mengakibatkan terjadinya penguapan isi telur dan kantung udara membesar. Telur ayam jika disimpan pada suhu di atas 20°C menyebabkan terjadinya penguapan air dan CO₂ dari dalam telur. Hal ini mengakibatkan kantung udara pada telur semakin membesar (Bell dan Weaver, 2002).

2.3 Haugh Unit

Kualitas putih telur dapat diukur dengan menghitung Haugh unit, yaitu dengan menggunakan egg quality slide rule atau dengan menggunakan rumus Haugh unit (Chandra, 2014). Haugh Unit (HU) merupakan satuan yang digunakan untuk mengetahui kesegaran isi telur terutama bagian putih telur, yang didasarkan pada ketebalan albumin. Besarnya *Haugh Unit* dapat ditentukan dengan menggunakan tabel konversi. Semakin tinggi nilai HU menunjukkan bahwa kualitas telur itu semakin baik. Perbandingan tinggi dan berat yang terukur diberi penilaian mulai dari 20-100 atau lebih. Menurut SNI 01-3926-2006 kesegaran telur dibedakan atas: a) Mutu I, memiliki nilai HU >72 , b) Mutu II, memiliki nilai HU 62-72 dan c) Mutu III, memiliki nilai HU < 60 .

Nilai Haugh unit ditentukan berdasarkan keadaan putih telur, yaitu korelasi antara bobot telur dan tinggi putih telur. Penurunan nilai Haugh unit selama penyimpanan terjadi karena penguapan air dalam telur dan kantung udara yang bertambah besar (Chandra, 2014). Haugh unit dipengaruhi umur ayam dan genotipnya, musim, kandungan nutrisi pakan, lama dan suhu selama penyimpanan (Sodak, 2011). Umur ayam yang meningkat dan suhu lingkungan di atas 30°C menyebabkan penurunan nilai HU. Kandungan magnesium dalam pakan perlu ditingkat agar penurunan kekentalan putih telur dapat diperlambat sehingga nilai HU dapat terjaga. Suhu ideal yang mampu mempertahankan nilai HU lebih lama adalah penyimpanan telur pada suhu freezer yaitu $0-0,5^{\circ}\text{C}$ dan pada refrigerator suhu penyimpanan harus dipertahankan antara $10-18^{\circ}\text{C}$.

2.4 Teknologi Plasma

Teknologi plasma adalah penerapan dari ilmu fisika, khususnya fisika atom dan molekul. Plasma didefinisikan sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik. Jenis-jenis plasma ditinjau dari temperaturnya dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu plasma dingin yang terjadi dalam ketidaksetimbangan termal antara temperature elektron, plasma termik tergolong dalam ketidaksetimbangan termal dan plasma panas yang terjadi dalam keadaan termal. (Nur, 2011).

2.4.1 Teknologi Plasma dengan DBD (*dielectric-barrier discharge*)

Salah satu metode sterilisasi plasma adalah dengan menggunakan DBD (*dielectric-barrier discharge*) yang memiliki karakteristik tegangan AC tinggi, frekuensi rendah pada tekanan atmosfer. Metode DBD plasma ini memanfaatkan lapisan dielektrik yang memungkinkan plasma melakukan kontak dengan elektroda. DBD plasma dihasilkan antara dua lempengan elektroda aluminium

yang ditutup dengan kuarsa dan kaca dan power input kira-kira sebesar 200-300 watt. Pada DBD plasma ini akan terjadi tegangan yang lama-kelamaan akan meningkat. Awal tegangan input adalah sebesar 0.45-0.940 kV, kemudian meningkat sebesar 0.980-1.2 kV dan tegangan maksimum adalah sebesar lebih dari 1.2 kV. Peningkatan tegangan ini disebabkan oleh adanya reduksi jarak lucutan plasma pada aluminium. Dengan demikian tegangan tinggi dapat melepaskan plasma pada luas permukaan maksimum aluminium dan dapat digunakan untuk sterilisasi (Sirajuddin, 2007).

2.4.2 Sinar UV

Radiasi sinar ultraviolet merupakan usaha pengurangan mikroorganisme penyebab kerusakan produk. Cahaya Ultraviolet (UV) yang memiliki panjang gelombang 200-280 nm diklasifikasikan sebagai UV-C. Menurut Muller (2011), bahwa pemakaian iradiasi dalam dunia pangan sudah digunakan secara luas dalam proses preventif atau pengawetan buah segar maupun produk olahan. Semakin pendek panjang gelombang dalam sinar UV, maka semakin besar efeknya dalam membunuh mikroba. Sinar UV-C memiliki panjang gelombang yang paling rendah daripada UV-A dan UV-B. Keuntungan UV adalah tidak mempengaruhi kelembaban atau suhu makanan tidak mempengaruhi rasa dan warna dari produk akhir, serta lebih ekonomis (Morgan, 2009).

Sinar ultraviolet adalah suatu energi yang memiliki kemampuan untuk melakukan penetrasi ke dinding sel mikroorganisme dan mampu mengubah komposisi asam nukleatnya. Absorpsi ultraviolet oleh DNA (atau RNA pada beberapa virus) dapat menyebabkan mikroorganisme tersebut tidak mampu melakukan replikasi akibat pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul- molekul pirimidin (Lahlou *et al.*, 2000). Keuntungan menggunakan sinar ultraviolet dibandingkan desinfeksi kimia yaitu sangat efektif dalam membunuh sebagian besar bakteri patogen seperti *E. coli*, *Giardia Lamblia*, dan *Cristoporidium*, tanpa bahan kimia, tidak beracun, tidak menghasilkan produk sampingan yang beracun (significant nontoxic), tidak berbahaya pada kelebihan dosis, menghilangkan beberapa kontaminan organik, tidak memiliki emisi senyawa organik yang mudah menguap atau emisi udara beracun, tidak terjadi perubahan bau dan tidak berbau pada produk akhir, cukup dengan sedikit waktu kontak (detik atau menit) untuk desinfeksi kimia, dan tidak memerlukan penyimpanan bahan berbahaya (Giusti *et al.*, 2010).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Pangan dan Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Oktober 2017 hingga Januari 2018.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat dan Bahan Pembuatan Prototipe

Alat dan bahan untuk pembuatan prototipe meliputi solder (Stanley), multimeter digital, bor tangan, penyedot timah, gergaji, cutter, flyback transformer, trafo step down, fan AC, led kabel, PCB, LM 317, heat sink, push on off, termostat, IC 555, mistar, gunting plat, *cutter acrylic*, obeng, aluminium, prove, akrilik, klorofor, mur dan baut.

3.2.2 Alat dan Bahan Pengujian

Alat dan bahan untuk pengujian meliputi prototipe DBD plasma, voltmeter, sela bola, *temperature control* omron (TTX 110), *timer*, cawan petri (Normax), erlenmeyer (Herma), timbangan analitik (Mettler Toledo), pH meter (Hanna), *egg tray*, spatula, gelas ukur (Iwaki), alkohol 70%, aquades pH 7, plastik wrap, tisu, aluminium foil dan telur ayam yang diambil dari peternakan telur ayam (*Gallus gallus domesticus*) berumur 0 hari yang disimpan selama 14 hari dengan berat telur antara 50-70 g di daerah Tlekung, Kota Batu.

3.3 Pendekatan Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini digunakan metode pendekatan sebagai berikut.

a. Studi Literatur

Tahap penulisan diawali dengan studi pustaka mengenai aplikasi teknologi DBD-Plasma yang telah ada sebelumnya. Dalam penyusunan tugas akhir ini pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi literature (*library research*) dan penelusuran informasi digital dengan sasaran antara lain:

- a) Informasi Internet
- b) Pustaka-pustaka referensi
- c) Pustaka Penunjang

b. Perancangan Penggunaan MONSTER Untuk Telur Ayam Ras

Penelitian ini menggunakan alat MONSTER (*Modern Sterilization Machine*) untuk aplikasi DBD-Plasma untuk mensterilisasi telur ayam ras. Prototipe ini menggunakan prinsip akibat dari radiasi tegangan tinggi menghasilkan gas terionisasi didalam ruangan, dimana electron pada gas yang saling bertumbukan dapat merusak membran mikroba.

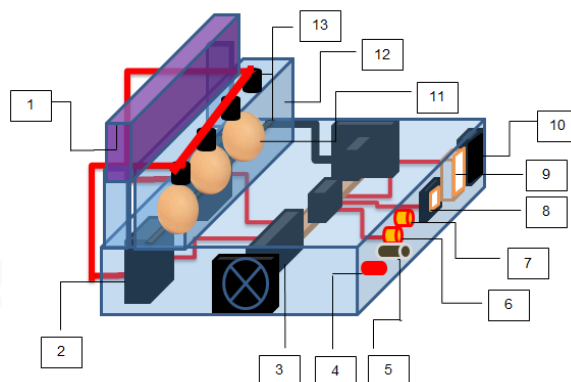
Rancangan prototipe alat sterilisasi telur ayam ras terdiri dari 3 komponen utama, yaitu : (1) Kotak kontrol; (2) Ruang plasma; (3) Lampu UV.

- (1) Kotak control ini terbuat dari bahan acrylic bewarna bening dan memiliki dimensi $40 \times 40 \times 20 \text{ cm}^3$. acrylic dipilih karena merupakan bahan isolator yang tidak dapat menghantarkan listrik. Kotak control berfungsi sebagai tempat meletakkan pembangkit tegangan tinggi yang akan memproduksi pulsa listrik bertegangan 40-50 kv.
- (2) Ruang plasma terbuat dari acrylic bewarna bening dan memiliki ukuran $35 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$. Ruang plasma berfungsi sebagai tempat pengujian sample. Bahan dipilih dari *acrylic* karena *acrylic* merupakan isolator yang baik. Kapasitas dari prototipe ruang plasma yaitu sebanyak 10 butir telur ayam ras. Di dalam ruang plasma ini terdapat 4 probe sebagai katoda yang diletakkan diatas langit-langit dan kabel digunakan untuk menghubungkan probe dengan rangkaian pembangkit tegangan tinggi yang terletak pada kotak *control*. Kemudian dibagian tengah terdapat barrier acrylic yang juga digunakan sebagai tempat telur pada bagian bawah terdapat aluminum sebagai anoda dengan ukuran $30 \times 2 \text{ cm}^2$ dengan tebal 0.2 mm. Elektroda bagian bawah jugadihubungkan dengan pembangkit tegangan tinggi di dalam kotak *control* dengan menggunakan kabel.
- (3) Lampu UV 10 watt digunakan sebagai *pre-treatment* pengujian sampel. Lampu UV ini berfungsi untuk menjaga lingkungan agar steril sehingga tidak terjadi kontaminasi mikroba. Lampu UV akan ditutup dengan akrilik bewarna gelap dengan ukuran $35 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ untuk mencegah kerusakan mata yang diakibatkan oleh radiasi dari lampu UV.

c. Rancangan Struktural

Prototipe alat ini memiliki dimensi panjang 40 cm, lebar 40 cm dan tinggi 20 cm yang dilengkapi dengan tiga bagian utama yaitu lampu uv, ruang plasma dan kotak kontrol. Bagian-bagian tersebut kerangka terbuat dari akrilik bewarna

bening dengan ketebalan 5 cm. dipilih berbahan akrilik karena isolator yang tidak dapat menghantarkan listrik. Desain secara struktural merupakan tahap desain rancangan alat yang akan dibuat dengan menekankan dimensi dan bahan tiap komponen. Adapun desain rancangan prototipe alat sterilisasi berbasis teknologi DBD plasma ditunjukkan pada **Gambar 3.1**



Keterangan :

- | | | |
|-----------------------|---------------------------|------------------|
| 1. Lampu UV | 6. Tombol tegangan tinggi | 11. Telur |
| 2. Flyback Transfomer | 7. Tombol lampu UV | 12. Ruang plasma |
| 3. Kotak Kontrol | 8. Mini multimeter DC | 13. Elektroda |
| 4. ON/OFF | 9. Omron timer | |
| 5. Pengatur Tegangan | 10. Omron suhu | |

Gambar 3.1 Desain Prototipe Alat Sterilisasi Berbasis Teknologi DBD Plasma

3.4 Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu:

3.4.1 Tahapan Persiapan Bahan Baku

Pada tahap ini, bahan baku berupa telur ayam diperoleh dari salah satu peternakan ayam ras di daerah Tlekung, Batu dan selanjutnya telur disimpan didalam box.

3.4.2 Tahap Aplikasi MONSTER Pada Telur Ayam Ras

MONSTER diaplikasikan pada sampel telur ayam ras. Pada tahap ini, juga digunakan sampel telur ayam tanpa perlakuan (a) dan telur ayam dengan perlakuan (b), sehingga terdapat dua sampel telur ayam ras. Kedua sampel tersebut kemudian disimpan selama 14 hari. Kemudian pada tiap hari ke 0, 5, 7, 11 dan 14 dilakukan pengamatan secara fisik dan kimia pada sampel telur ayam.

3.4.3 Tahap Pengujian Telur Ayam Ras

Tahap pengujian dilakukan pada sampel telur ayam (a) dan (b) yang meliputi adalah uji fisik dan kimia. Dimana uji fisik berupa haugh unit (HU) serta indeks kuning telur (IKT). Serta uji kimia berupa pH kuning, pH putih telur serta kandungan proksimat (protein, lemak, air, abu dan kabohidrat) dari telur.

A. Haugh Unit dan Indeks Kuning Telur (Lestari, 2016)

Diamati dengan pengukuran tinggi putih telur dan kuning telur yang dilakukan dengan memecah telur dengan hati-hati pada permukaan kaca datar. Selanjutnya segera diukur menggunakan penggaris, untuk perhitungan haugh unit, diukur tinggi putih telur dan bobot telur dengan menggunakan timbangan sedangkan untuk indeks kuning telur, diukur tinggi dan diameter kuning telur dengan menggunakan penggaris. Persamaan untuk pengukuran nilai HU dan IKT adalah sebagai berikut:

$$HU = 100 \log (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37})$$

Keterangan : H = tinggi albumen (mm)

W = berat telur (gram)

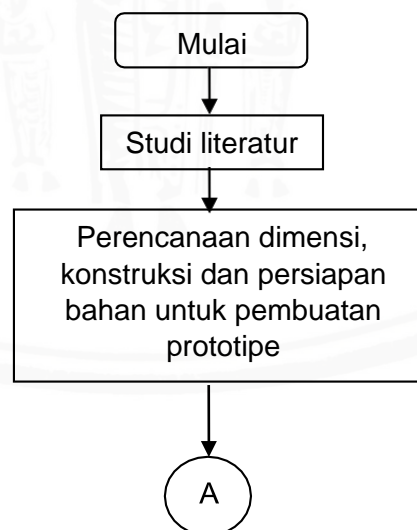
HU = haugh unit

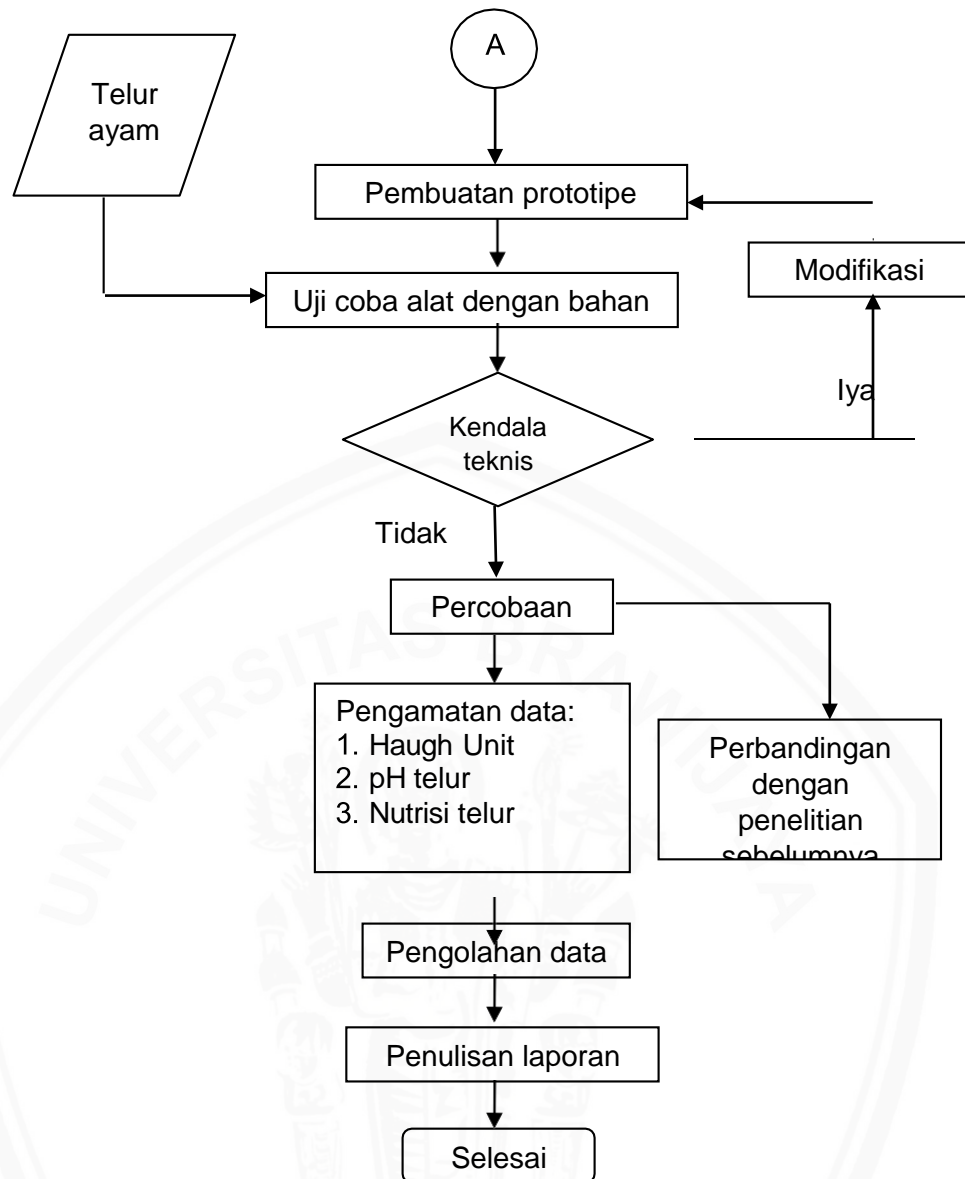
$$(IKT) = \frac{\text{Tinggi kuning telur (mm)}}{\text{Diameter kuning telur (mm)}}$$

B. Pengukuran pH (Eke, 2013)

pH kuning dan putih telur diukur dengan menggunakan pH meter (Hanna). Sekitar 2 gram sampel di homogenisasi pada 20 ml akuades. Kemudian pH meter distandarisasi dengan menggunakan buffer pH 4 dan 9. Lalu, pH meter dibilas dengan akuades, dan dicelupkan ke dalam sampel yang telah dihomogenisasi sebelumnya untuk menstabilkan sebelum digunakan.

3.5 Diagram Alir Tahapan Kegiatan





Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Kegiatan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rangkaian Alat

MONSTER didesain dengan menggunakan tiga tombol untuk menjalankan alat yaitu tombol *timer*, tombol lampu UV, dan tombol tegangan tinggi, serta pengatur tegangan masukan dan pengatur waktu. Tombol *timer* digunakan untuk menghidupkan dan mematikan MONSTER serta memulai perlakuan sesuai waktu perlakuan yang akan digunakan. Tombol lampu UV berfungsi untuk menghidupkan lampu UV dan tombol tegangan tinggi digunakan untuk menghidupkan tegangan tinggi. Pengatur tegangan masukan berfungsi sebagai pengatur tegangan masukan dalam *driver IC TIMER 555* tegangan tinggi sehingga tegangan keluaran yang digunakan dapat diatur. Pengatur waktu digunakan untuk mengatur waktu perlakuan, seperti terlihat pada **Gambar 4.1**. Dengan prinsip kerja alat ini yakni pembangkit tegangan tinggi akan membangkitkan tegangan dengan menggunakan *flyback*, dimana tegangan tinggi ini akan melewati barrier akrilik sehingga akan menghasilkan hamburan plasma yang dapat mengionisasi gas dalam atmosfer tersebut. Gas terionisasi dapat memecah dinding sel mikroorganisme patogen akibatnya mikroorganisme patogen tersebut berkurang atau bahkan mati.



Gambar 4.1 Prototipe Alat Sterilisasi Berbasis Teknologi DBD Plasma

Alat sterilisasi telur ayam ras berbasis DBD (Dielectric Barrier Discharge) plasma merupakan salah satu teknologi baru di bidang pangan. Prinsip kerja alat ini yakni pembangkit tegangan tinggi akan membangkitkan tegangan dengan menggunakan *flyback*, dimana tegangan tinggi ini akan melewati barrier akrilik sehingga akan menghasilkan hamburan plasma yang dapat mengionisasi gas dalam atmosfer tersebut. Gas terionisasi dapat memecah dinding sel

mikroorganisme patogen akibatnya mikroorganisme patogen tersebut berkurang atau bahkan mati. Pada alat sterilisasi telur ayam ras berbasis DBD (Dielectric Barrier Discharge) plasma terdapat 3 bagian khusus yakni ruang plasma, kotak kontrol tegangan tinggi, dan lampu UV. Ruang plasma berbentuk balok yang berfungsi sebagai tempat meletakkan telur dan berlangsungnya proses sterilisasi. Ruang plasma dan kotak kontrol berbahan dasar akrilik, pemilihan bahan ini dikarenakan bahan ini aman untuk proses pengolahan pangan, murah, dan menarik untuk dekorasi. Ruang plasma hanya mampu menampung 10 butir telur ayam ras.

4.2 Cara Kerja Prototipe

Proses Sterilisasi telur dapat dilihat pada **Gambar 4.2** dimana telur ditempatkan di dalam wadah telur yang terdapat pada ruang plasma. Pada ruang plasma terdapat dua elektroda yaitu *probe* sejajar berbahan perak dan lempengan aluminium untuk menangkap lompatan electron dari pembangkit tegangan tinggi. Pada saat *switch* di tekan dan rangkaian pembangkit menyala akan menimbulkan beda potensial yang tinggi disekitar *flyback* dan elektroda sehingga memungkinkan elektron melompat menembus udara diantara elektroda dan *flyback*.



Gambar 4.2 Proses Sterilisasi Telur

Arus meningkat ketika tegangan yang diberikan juga meningkat karena medan listrik yang menyebabkan terjadinya ionisasi, eksitasi, deeksitasi dan rekombinasi gas udara juga mengalami peningkatan. Ketika gas udara mulai terionisasi maka timbul elektron bebas ini akan dipecepat oleh medan listrik dan menumbuk molekul gas lain yang terdapat diantara kedua elektroda. Sehingga terjadi ionisasi berantai dan pelipatgandaan elektron (Restiwijaya *et al.*, 2014).

Pembangkit tegangan tinggi dengan *transformator flyback* menggunakan sumber tegangan AC yang kemudian dihubungkan dengan rangkaian penyearah DC yang menggunakan *trafo* 3 ampere untuk mencatu rangkaian *oscillator* dan rangkaian *driver*. Rangkaian *oscillator* dan *driver* ini akan berpengaruh terhadap

waktu pensaklaran pada *switching* dan penguatan arus agar *transistor* tersebut beropersi. Frekuensi yang dihasilkan *oscillator* ini adalah 8.9667 KHz.

Rangkaian penyearah dengan nilai keluaran yang mencapai 25 volt, 3 ampere dikopel dengan rangkaian *switching transistor* dihubungkan ke sisi tegangan rendah dan *transformator flyback* untuk membangkitkan induksi agar menimbulkan *output* tegangan tinggi, rangkaian catu daya ini di-*tapping* pada sisi masukannya menjadi 0-25 volt.

Pada saat *switching* ditekan dan kapasitor sudah terisi akan terjadi medan listrik yang besar disekitar *flyback* dan elektroda yang terhubung dengan kutub negative rangkaian sehingga memungkinkan elektron melompat dari *flyback* ke elektroda dengan tegangan mencapai 48.61 kilovolt.

4.3 Hasil Pengujian

4.3.1 Hasil Perhitungan Tegangan Output

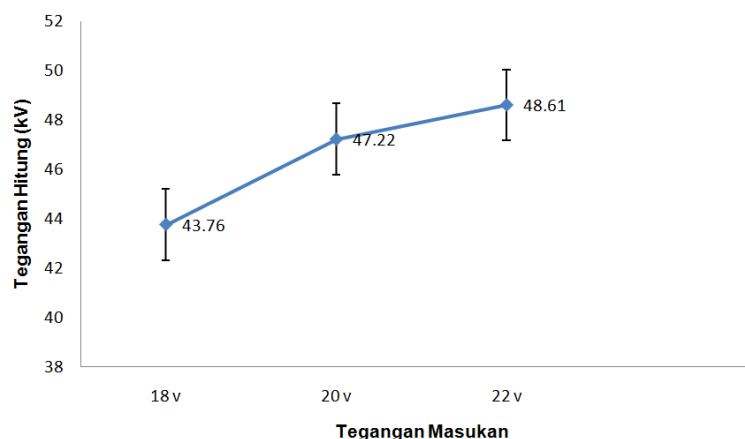
Pengukuran tegangan masukan diukur menggunakan multimeter yang terdapat pada alat dan tegangan keluaran dengan menggunakan alat ukur sela bola. Prinsip kerja dari alat ukur sela bola ini yaitu membandingkan tingkat tegangan tembus pada sela bola menggunakan generator rekayasa dengan menggunakan pembangkit standar di laboratorium tegangan tinggi. Setelah tembus dengan menggunakan generator rekayasa, sela bola dipindah untuk diberi tegangan tinggi standar hingga tembus terjadi. Nilai yang ditunjukkan alat standar dicatat sama dengan nilai tegangan yang dibangkitkan oleh generator rekayasa. Pengukuran diulang sebanyak tiga kali tiap tegangan input yang ditentukan. Pada pengukuran nilai tegangan output dihitung dari tegangan input 18 volt, 20 volt dan 22 volt. Pengukuran ini dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Adapun prosedur pengujian tegangan tinggi menggunakan metode sela bola terdapat pada Lampiran 5. dan hasilnya terdapat pada Lampiran 6, kemudian rincian ulangan pengukuran antara variasi tegangan input terhadap tegangan output yang dihasilkan dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dibawah ini:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Perbandingan Tegangan Masukan dan Tegangan Keluaran

V_{in} (V)	V1 (kV)	V2 (kV)	V3 (kV)	V_{Out} rata-rata (kV)
18	43.94	43.68	43.68	43.76 ± 11.52
20	47.26	47.72	46.70	47.24 ± 12.18
22	49.34	48.10	48.40	48.61 ± 11.91

Tegangan keluaran terbesar didapatkan pada pemberian tegangan input sebesar 22 volt yakni dengan rata-rata sebesar 48,61 kV, sedangkan tegangan keluaran terkecil didapatkan pada pemberian tegangan input sebesar 18 volt yakni

dengan rata-rata sebesar 43,63 kV. Dari data tersebut diketahui bahwa semakin besar tegangan input yang diberikan maka semakin besar pula tegangan output yang dihasilkan oleh alat sterilisasi telur ayam ras yang berbasis dielectric barrier discharge plasma. Tegangan output tertinggi dihasilkan dari tegangan input 22 volt yakni dengan tegangan output rata-rata sebesar 48,61 kV. Pembangkit tegangan tinggi yang digunakan adalah driver IC TIMER 555 dengan flyback transformer sebagai trafo dari tegangan tinggi. Sehingga dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4.3 Hubungan Tegangan Masukan dan Tegangan

Keluaran Flyback transformer bekerja berdasarkan prinsip transformator pada umumnya. Memiliki belitan primer yang jumlahnya satuan dan sekunder yang jumlahnya puluhan ribu yang biasa digunakan untuk operasi frekuensi tinggi. Tegangan yang digunakan pada bagian primer hampir selalu berbentuk kotak (rectangular) dengan arus yang mengalir pada kedua sisi flyback transformer yang naik turun dalam berbentuk gergaji (Andriawan, 2015).

4.3.2 Hasil Pengujian Frekuensi

Pengujian frekuensi diukur dengan menggunakan frekuensi multimeter digital. Prosedur pengujiannya yaitu pertama-tama tekan tombol *on* kemudian hubungkan kutub negatif Frekuensi Multimeter Digital dengan keluaran *driver flyback* kutub positif, setelah itu catat frekuensi yang terteta pada *display* dan tekan tombol *off*. Hasil frekuensi pembangkit tegangan tinggi yang diukur dengan frekuensi multimeter digital adalah 9.8667 KHz. Frekuensi yang dihasilkan pembangkit tegangan tinggi ini melebihi rentang kerja yang ada pada rata-rata pembangkit yang menggunakan *flyback transformer* yaitu antara 4-10 kHz. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan rangkaian antara pembangkit untuk sterilisasi dengan rangkaian pada televisi.

4.3.3 Hasil Pengujian Suhu

Akibat didalam ruang plasma terjadi reaksi ionisasi gas yang dihasilkan dari radiasi pembangkit tegangan tinggi. Hal ini mengakibatkan naiknya *temperature* di dalam ruang plasma. Data hasil tegangan output dapat dilihat pada **Tabel 4.2** dibawah ini :

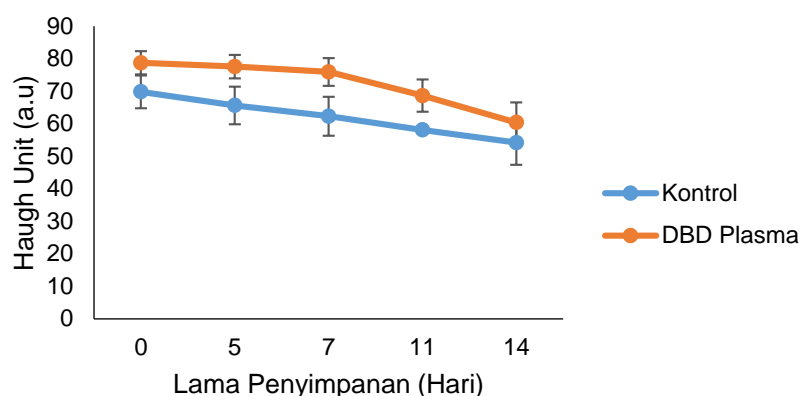
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Suhu

Tegangan Perlakuan (kV)	Suhu Masuk (°C)	Suhu Keluar (°C)
0	25	-
43.76	25	28
47.24	26	29
48.61	27	30

Dari hasil pengukuran suhu selama 5 menit pada ruang plasma terjadi kenaikan suhu sebesar 3° C. Suhu awal dengan tegangan perlakuan 43.76 KV adalah sebesar 25° C setelah 5 menit kemudian suhu naik sebesar 28° C. Sedangkan pada tegangan perlakuan 47.24 KV, suhu awalnya adalah sebesar 26° C kemudian setelah 5 menit naik sebesar 29° C. Kenaikan suhu juga terjadi pada tegangan perlakuan 48.61 KV yang suhu awalnya sebesar dan setelah 5 menit kemudian naik sebesar 30° C. Suhu tertinggi pada perlakuan 48.61 KV dengan suhu 30° C dan suhu terendah pada perlakuan 0 KV dengan suhu 25° C. Kisaran suhu ini dapat dikatakan masih aman karena pemrosesan pada suhu ini tidak akan menyebabkan terjadinya penurunan kandungan nutrisi pada telur.

4.3.4 Hasil Pengujian Haugh Unit dari Telur Ayam

Rata-rata nilai HU telur ayam (*Gallus gallus*) dengan perlakuan MONSTER dan tanpa perlakuan MONSTER selama penyimpanan 0, 5, 7, 11, dan 14 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.3**. Nilai HU bervariasi antara 20-110 dan telur berkualitas baik memiliki nilai HU antara 50-100 (Yuwanta, 2010). Nilai HU berdasarkan korelasi antara bobot telur dan tinggi putih telur (Sihombing *et al.*, 2014). Semakin kecil nilai HU maka semakin encer putih telur sehingga kualitas putih telur semakin rendah. Nilai HU merupakan salah satu indikator kesegaran dari telur yang secara konsisten akan menurun dengan semakin meningkatnya umur induk ayam (Chang-Ho *et al.*, 2014). Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wan *et al.* (2017), nelitz telah melakukan penelitian tentang DBD (*Dielectric Barrier Discharge*) untuk menguji kualitas telur yang telah diberi bakteri *Salmonella enteritidis* serta diperlakukan menggunakan DBD dan tidak diberi perlakuan DBD. Hasil penelitiannya mengatakan bahwa nilai HU pada telur tanpa perlakuan dan telur dengan perlakuan tidak menghasilkan perbedaan yang sangat signifikan.



Gambar 4.4 Hubungan Lama Penyimpanan dan Nilai *Haugh Unit*

Nilai Haugh Unit pada telur ayam (*Gallus gallus domesticus*) makin hari makin menurun. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 4.4**, dimana telur yang disimpan selama 14 hari baik kontrol maupun dengan plasma mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan semakin lama telur disimpan maka haugh unit akan semakin menurun karena terjadi pengenceran putih telur yang diakibatkan penguapan gas CO_2 sehingga pH naik dan mempercepat pemecahan ovomucin. Hal ini sesuai dengan pendapat Widyantara *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa pengenceran bagian putih telur disebabkan oleh adanya kerusakan fisikokimia dari serabut ovomucin. Ovomucin merupakan glikoprotein yang berbentuk serabut atau jala-jala yang dapat mengikat cairan telur untuk dibentuk menjadi struktur gel pada putih telur. Semakin lama disimpan maka putih telur akan semakin encer. Hal ini terjadi mungkin karena penguapan CO_2 dari putih telur. Penguapan CO_2 disebabkan adanya penguraian senyawa NaHCO_3 dari dalam telur ayam ras menjadi NaOH dan CO_2 . NaOH yang dibentuk akan diurai menjadi Na^+ dan OH^- sedangkan CO_2 yang dibentuk akan menguap, sehingga kualitas putih telur mengalami penurunan (Fahrullah, 2012).

Nilai haugh unit pada telur ayam hari ke-0 lebih tinggi bila dibandingkan dengan Djaelani (2015), hal ini mungkin bisa terjadi karena tempat peternakan yang berbeda. Pada penelitian ini, telur ayam di ambil dari peternakan di kota Batu Jawa Timur, sedangkan pada Djaelani (2015) telur diambil dari peternakan di Boyolali Jawa Tengah. Selain itu, haugh unit juga dipengaruhi oleh umur ayam dan genotipnya, musim, kandungan nutrisi pakan, lama dan suhu selama penyimpanan. Umur ayam yang meningkat dan suhu lingkungan di atas 30°C menyebabkan penurunan nilai HU. Kandungan magnesium dalam pakan perlu ditingkatkan agar penurunan kekentalan putih telur dapat diperlambat sehingga nilai HU dapat terjaga. Suhu ideal yang mampu mempertahankan nilai HU lebih

lama adalah penyimpanan telur pada suhu Freezer, yaitu 0-0,5 °C dan pada refrigerator suhu penyimpanan harus dipertahankan antara 10-18°C (Nasution, 2017).

Untuk nilai haugh unit pada hari ke-14 apabila dibandingkan dengan Djaelani (2015) juga lebih tinggi. Karena tempat pengambilan yang berbeda. Menurut Sudaryani (2003), semakin kecil nilai HU maka semakin encer putih telur sehingga kualitas putih telur semakin rendah. Suhu yang rendah akan memberikan HU yang tinggi karena peningkatan suhu akan menyebabkan penguapan pada putih telur sehingga nilai HU akan mengalami penurunan (Lengkey *et al.* 2012). Menurut Djaelani (2015), telur yang disimpan pada suhu kamar dengan kelembaban relatif berkisar 80% maksimum hanya mampu bertahan selama 14 hari penyimpanan. Akibat dari kenaikan pH putih telur menjadi semakin encer, tinggi putih telur kental menurun dan nilai Haugh Unit semakin kecil.

Pada telur dengan perlakuan DBD Plasma nilai HU lebih rendah dibanding dengan Chen *et al.* (2014) pada hari ke-0. Namun pada tetap mempunyai mutu yang sama yaitu AA. Namun nilai HU menurun pada hari ke-14. Hal ini dimungkinkan terjadi dikarenakan DBD Plasma dapat mempengaruhi penguapan dari CO₂. Menurut **Gambar 4.4** perbedaan antara telur kontrol dan DBD Plasma tidak berbeda jauh. Perlakuan DBD Plasma tidak mempengaruhi indeks kuning telur, namun dapat menyebabkan hilangnya kualitas putih telur terkait dengan penurunan Haugh Unit (Wong *et al.*, 2003). Menurut Chen *et al.*, (2014) bahwa DBD Plasma dapat menyebabkan pecahnya kantung dan kehilangan albumin atau penipisan albumen. Peningkatan hidroklorida bebas (SH) menyebabkan denaturasi protein selama penyimpanan, namun lamanya penyimpanan tidak menyebabkan peningkatan kelompok SH gratis. Hasil menunjukkan bahwa oksidasi lipid pada kuning telur tidak diinduksi setelah perlakuan DBD Plasma (Wong *et al.*, 2003). Selain itu, selama 42 hari penyimpanan 5°C, tidak ada perbedaan signifikan yang ditemukan di antara hari penyimpanan yang berbeda. Penelitian lain mengamati penurunan HU telur selama penyimpanan pendinginan (Biladeau *et al.*, 2009). Selanjutnya, Banerjee (2010) mengamati telur ayam yang disimpan pada suhu ruang kehilangan kualitas AA dalam dua minggu. Chen *et al.* (2014) mengatakan bahwa untuk telur beku yang tidak dilapisi disimpan di udara, karena kandungan CO₂ menurun dari 1,86 sampai 1,32 mg/g albumen selama 12 minggu, HU berkurang, ketika pH kuning telur meningkat. Konsentrasi bikarbonat

dan karbonat dalam albumen bergantung pada tekanan parsial CO₂ di lingkungan. Dengan CO₂ 30% di lingkungan, CO₂ terjaga dengan baik di albumen telur.

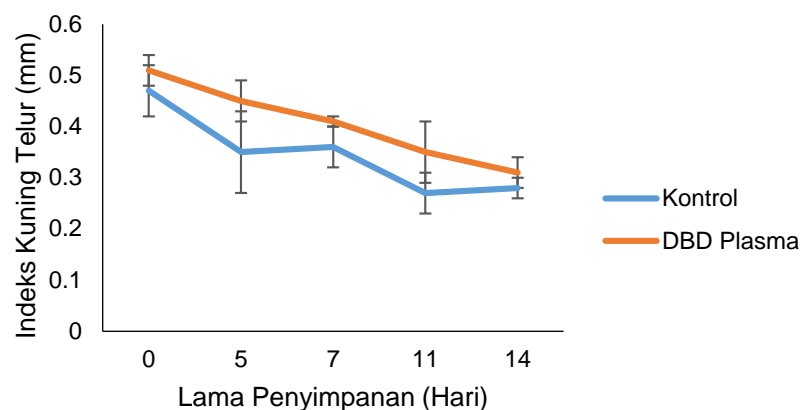
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Haugh Unit Selama Penyimpanan 14 Hari Suhu Ruang

Lama Penyimpanan	Perlakuan	
	Kontrol	DBD Plasma
0	69.82 ± 5.07	78.75 ± 3.56
5	65.63 ± 5.81	77.58 ± 3.63
7	62.32 ± 5.99	75.94 ± 4.27
11	58.09 ± 0.97	68.66 ± 4.95
14	54.22 ± 6.89	60.38 ± 6.23

Nilai haugh unit untuk telur kontrol dan dengan perlakuan DBD plasma dapat dilihat pada **Tabel 4.3**. Tidak ada perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) yang diamati pada parameter yang dianalisis. Nilai haugh unit pada telur kontrol dan dengan telur perlakuan DBD plasma tidak berbeda jauh. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan DBD plasma menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan dalam tingkat penguapan atau pelepasan CO₂ dari albumen setelah perlakuan plasma (Caner, 2005). Chen *et al.*, (2014) juga menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara telur perlakuan dan tanpa perlakuan dalam parameter seperti Haugh Unit. Selain itu, dengan penambahan CO₂ yang tinggi pada kemasan tambahan, baik telur kontrol maupun dengan DBD Plasma mempertahankan mampu kualitas Grade AA tanpa perubahan yang signifikan dari pH putih dan kuning telur, berat telur, warna kuning telur, kekuatan membran vitelline, dan kekuatan kulit selama 42 hari penyimpanan refrigeran 5°C.

4.3.5 Hasil Pengujian Indeks Kuning Telur (IKT) dari Telur Ayam

Rata-rata nilai IKT telur ayam (*Gallus gallus*) dengan perlakuan MONSTER dan tanpa perlakuan MONSTER selama penyimpanan 0, 5, 7, 11, dan 14 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.4**. Indeks kuning telur ayam yang diperoleh dalam penelitian ini masih dalam kisaran normal karena menurut Marwati (2014), bahwa indeks kuning telur yang baru bervariasi antara 0.30-0.50 walaupun pada umumnya 0.39-0.45. Agro *et al.*, (2013) melaporkan bahwa kuning telur tersusun atas lemak dan protein, membentuk lipoprotein yang disintesis oleh hati dengan pengaruh estrogen. Indeks kuning telur dipengaruhi oleh protein, lemak, dan asam amino esensial yang terkandung dalam ransum. Faktor yang memengaruhi indeks kuning telur antara lain lama penyimpanan, suhu tempat penyimpanan, kualitas membran vitelin, dan nutrisi pakan.



Gambar 4.5 Hubungan Lama Penyimpanan dan Indeks Kuning Telur

Indeks kuning telur (IKT) pada kontrol maupun pada DBD Plasma seperti pada **Gambar 4.5**, semakin hari semakin menurun. Penurunan nilai indeks kuning telur (IKT) disebabkan kandungan air pada putih telur yang berada di sekeliling kuning telur akan terserap ke dalam kuning telur; terjadi berkurangnya permeabilitas membran vitelin menyebabkan kuning telur mengalami pemipihan. Soeparno *et al.* (2011) menyatakan bahwa penyimpanan telur menyebabkan terjadinya pemindahan air dari putih telur menuju kuning telur sebanyak 10 mg/hari pada suhu 10°C. Tekanan osmotik kuning telur lebih besar dari putih telur sehingga air dari putih telur berpindah menuju kuning telur. Perpindahan air secara terus menerus akan menyebabkan viskositas kuning telur menurun sehingga kuning telur menjadi pipih kemudian akan pecah karena proses pemindahan air ini tergantung pada kekentalan putih telur dan indeks kuning telur (IKT) menurun, kemudian membran vitelin akan rusak dan menyebabkan kuning telur rusak.

Purwati *et al.* (2015) menyatakan bahwa indeks kuning telur pada saat telur dikeluarkan adalah 0,45, kemudian akan menurun menjadi 0,30 apabila telur disimpan selama 25 hari (25°C). Pada penelitian ini, indeks kuning telur lebih tinggi. Selanjutnya pada hari ke-14 semakin menurun, karena pada awal penyimpanan telur indeks kuning telur akan cepat mengalami penurunan karena terjadinya penguapan air dan gas CO₂ berlangsung lebih cepat karena jumlah cairan lebih banyak, semakin meningkatnya umur penyimpanan menyebabkan persediaan cairan dan gas akan semakin berkurang (Hardini, 2000). Sudaryani (2003), juga menyatakan bahwa telur akan mengalami perubahan kualitas seiring dengan lamanya penyimpanan. Semakin lama penyimpanan indeks kuning telur semakin menurun, hal ini disebabkan karena membran vitelin pada kuning telur

dan sebagian protein-proteinnya telah rusak. Hal tersebut berakibat membran vitelin menjadi lebih elastis sehingga mengakibatkan aliran air terus menerus dari bagian putih telur ke bagian kuning telur. Penguapan cairan di dalam telur menyebabkan kantong udara semakin besar.

Indeks kuning telur untuk telur dengan perlakuan DBD Plasma pada hari ke-0 lebih tinggi dari kontrol, namun tidak terlalu berbeda jauh. Sesuai dengan Chen *et al.* (2014), jika *chalazae* menutupi kuning telur atau albumen akan menutupi kuning telur hingga tebal, serta warna kuning telur tidak akan sesuai. Karotenoid adalah pigmen alami kuning telur, yang memberikannya warna oranye terang sampai gelap (Anton, 2007). Karena itu, oksidasi karotenoid dan warna yang dihasilkan memudar menjadi perhatian besar pada kulit telur yang diproses. Kemudian terus menurun pada hari ke-14, dikarenakan kualitas membran vitelin dan pakan dengan kandungan protein yang memenuhi kebutuhan ayam memberikan pengaruh besar bagi indeks kuning telur. Protein merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan membran vitelin dan khalaza yang berfungsi untuk menjaga kekokohan kuning telur. Kekurangan suplai protein akan mengakibatkan kuning telur memiliki tingkat kekokohan yang rendah. Kondisi tersebut mengakibatkan nilai indeks kuning telur yang dihasilkan juga rendah (Pribadi *et al.*, 2015).

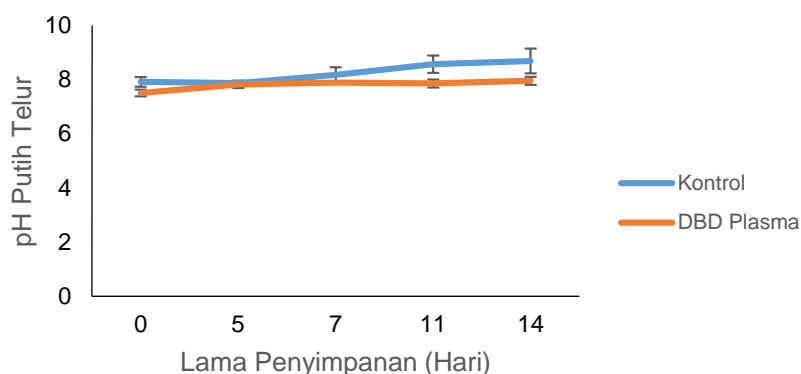
Tabel 4.4 Nilai Indeks Kuning Telur Selama Penyimpanan 14 Hari

Lama Penyimpanan	Perlakuan	
	Kontrol	DBD Plasma
0	0.47 ± 0.05	0.51 ± 0.03
5	0.35 ± 0.08	0.45 ± 0.04
7	0.36 ± 0.04	0.41 ± 0.01
11	0.27 ± 0.04	0.35 ± 0.06
14	0.28 ± 0.02	0.31 ± 0.03

Karotenoid adalah pigmen alami dari kuning telur, memberinya warna kuning ke warna oranye cemerlang (Anton, 2007). Oleh karena itu, oksidasi karotenoid yang mengakibatkan warna memudar bisa menjadi perhatian besar bagi telur cangkang olahan. Namun, dalam penelitian ini, tidak ada perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) pada warna kuning telur yang diamati setelah perlakuan DBD plasma maupun dengan kontrol. Menurut Wong *et al.* (2003), perlakuan DBD Plasma tidak mempengaruhi indeks kuning telur, namun pada parameter lain dapat mempengaruhi. Dalam penelitian Chen *et al.* (2014), tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap telur dengan perlakuan DBD Plasma dan tanpa perlakuan DBD Plasma. Pada penelitian ini, perbedaan antara kontrol dengan perlakuan DBD Plasma, sesuai dengan **Gambar 4.5**.

4.3.6 Hasil Pengujian pH Putih Telur

Rata-rata pH telur ayam (*Gallus gallus*) dengan perlakuan MONSTER dan tanpa perlakuan MONSTER selama penyimpanan 0, 5, 7, 11, dan 14 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.5**. Menurut Belitz *et al.* (2009), pH putih telur yang baru dikeluarkan atau telur segar kira-kira 7,6-7,9 dan meningkat sampai nilai maksimal 9,7 tergantung temperatur dan lama penyimpanan.



Gambar 4.6 Hubungan Lama Penyimpanan dan pH Putih Telur

pH putih telur semakin hari semakin meningkat, meskipun pada hari tertentu mengalami penurunan yang tidak cukup besar. Hal ini dikarenakan, selama penyimpanan pH telur menjadi semakin meningkat dari telur segar dengan pH berkisar 7. pH telur meningkat menjadi sekitar 8 setelah 1 minggu waktu penyimpanan. Menurut Jazil (2013) yang menyatakan bahwa CO_2 yang hilang melalui pori kerabang telur mengakibatkan konsentrasi ion bikarbonat dalam putih telur menurun dan merusak sistem buffer. Hal tersebut menjadikan pH naik dan putih telur bersifat basa yang diikuti dengan kerusakan serabut serabut ovomucin (yang memberikan tekstur kental), sehingga kekentalan putih telur menurun. Putih telur yang mempunyai pH meningkat menjadi basa selain disebabkan oleh menguapnya CO_2 , juga disebabkan karena putih telur dibagian yang kental mengalami pengenceran yang akhirnya akan merembes ke kuning telur. Agustina *et al.* (2013) menjelaskan pengenceran putih telur disebabkan karena pecahnya serabut mucin yang mengakibatkan meningkatnya pH putih telur.

Menurut Belitz *et al.* (2009), pH putih telur yang baru dikeluarkan atau telur segar kira-kira 7,6-7,9 sedangkan dalam penelitian pada kontrol sebesar 7.92. Kemudian terus meningkat sampai hari ke-14 penyimpanan menjadi lebih basa. pH meningkat sampai nilai maksimal 9,7 tergantung temperatur dan lama penyimpanan. Ditambahkan oleh Rizal *et al.* (2012), pH albumen meningkat karena disebabkan oleh lepasnya O_2 melalui pori-pori cangkang. Juga disebabkan

karena putih telur dibagian yang kental mengalami pengenceran yang akhirnya akan merembes ke kuning telur. Pengenceran putih telur disebabkan karena pecahnya serabut mucin yang mengakibatkan meningkatnya pH putih telur. Selain itu, meningkatnya pH putih telur juga disebabkan oleh hilangnya CO_2 dari dalam telur.

Berdasarkan Chen *et al.* (2014), pH putih telur terus meningkat dari hari ke 0 sampai hari ke 42. Pada hari ke-0, pH putih telur lebih kecil dibanding dengan penelitian, yaitu 7.2 sedangkan pada penelitian ini 7.5. Kemudian pada hari ke-14 juga lebih kecil dibandingkan pada penelitian ini. Hal ini dimungkinkan terjadi karena perbedaan pada telur ayam yang digunakan. pH putih telur yang diolah tetap pada tingkat yang sama sepanjang penyimpanan 42 hari. Dalam penelitiannya, telur disimpan pada kemasan dengan kandungan CO_2 tinggi, kemudian sejumlah CO_2 terpenetrasi dalam putih telur. Oleh karena itu, pH rata-rata untuk putih telur tetap konstan sekitar pH 7,5 selama periode penyimpanan 42 hari. Dalam telur yang baru diletakkan, pH albumen adalah antara 7,6 dan 8.5. pH putih telur meningkat dari 8,64 menjadi 9,25 untuk telur yang disimpan selama 12 minggu di suhu ruang (Biladeau *et al.*, 2009).

Tabel 4.5 Nilai pH Putih Telur Selama Penyimpanan 14 Hari

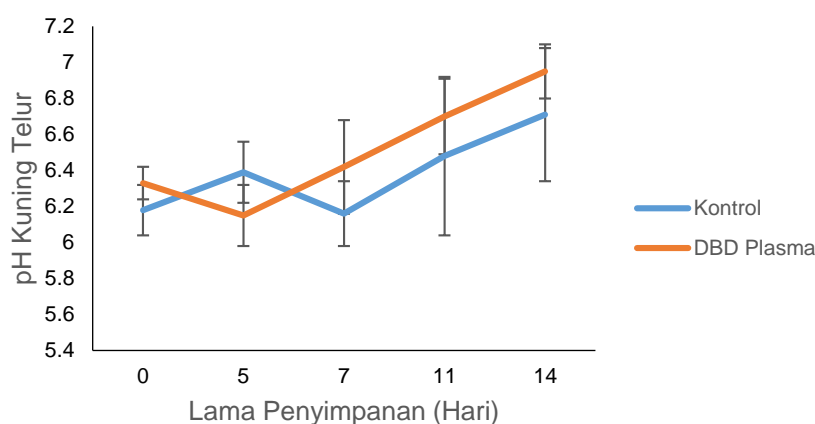
Lama Penyimpanan	Perlakuan	
	Kontrol	DBD Plasma
0	7.92 ± 0.18	7.51 ± 0.12
5	7.87 ± 0.10	7.82 ± 0.13
7	8.18 ± 0.28	7.89 ± 0.04
11	8.57 ± 0.32	7.86 ± 0.15
14	8.69 ± 0.46	7.96 ± 0.15

Parameter kualitas untuk telur kontrol dan perlakuan DBD plasma ditunjukkan pada **Tabel 4.5**. Tidak ada perubahan signifikan ($p > 0,05$) pada pH putih telur untuk kontrol maupun dengan perlakuan DBD plasma yang diamati setelah perlakuan penyimpanan selama 14 hari. Tidak ada perubahan kekuatan membran vitelline yang diamati setelah perlakuan DBD Plasma dan hasilnya sebanding dengan nilai yang dipublikasikan sebelumnya (Banerjee, 2010).

4.3.7 Hasil Pengujian pH Kuning Telur

Rata-rata pH telur ayam (*Gallus gallus*) dengan perlakuan MONSTER dan tanpa perlakuan MONSTER selama penyimpanan 0, 5, 7, 11, dan 14 hari dapat dilihat pada **Tabel 4.6**. Nilai pH kuning telur juga meningkat namun tidak setinggi kenaikan pH putih telur. Nilai pH kuning telur dengan kualitas baik adalah 6.0. Kenaikan pH telur menyebabkan protein isi telur rentan terhadap enzim proteolitik

dari telur dan mempercepat proses perubahan putih telur menjadi encer (Soekarto 2013).



Gambar 4.7 Hubungan Lama Penyimpanan dan pH Kuning Telur

Pada **Tabel 4.6** menunjukkan bahwa nilai pH kuning telur selama penyimpanan 14 hari terjadi peningkatan. Hal ini dapat terjadi karena, penguapan CO_2 yang tinggi dapat meningkatkan derajat keasaman putih dan kuning telur. Dalam hal ini, penguapan CO_2 menyebabkan sistem buffer pada putih telur menurun sehingga terjadi pengenceran putih telur dan perembesan H_2O dari putih telur ke kuning telur. Perpindahan H_2O dari putih telur ke kuning telur dapat menyebabkan berat kuning telur meningkat dan peregangan membran vitelin sehingga terjadi percampuran antara putih telur dan kuning telur yang menyebabkan peningkatan pH kuning telur (Soekarto, 2013). Hal ini sejalan dengan Lestari *et al.* (2015), perembesan H_2O dapat menyebabkan peregangan dan pecahnya membran vitelin sehingga terjadi percampuran putih dan kuning telur serta mengakibatkan peningkatan pH.

pH kuning telur pada hari ke-0 untuk penelitian pada kontrol lebih besar dibandingkan pada Chen *et al.* (2014). Kemudian lebih meningkat pada penyimpanan hari ke-14. Namun, pada hari ke-5 mengalami penurunan yang drastis menjadi 6.15, hal ini kemungkinan terjadi karena ketebalan kerabang yang tipis dikarenakan oleh masa simpan telur (Riyanti, 2004). Kemudian meningkat lagi pada hari berikutnya. Selama penyimpanan pH telur akan naik. Nilai pH kuning telur juga meningkat namun tidak setinggi kenaikan pH putih telur. Nilai pH kuning telur dengan kualitas baik adalah 6.0. Kenaikan pH telur menyebabkan protein isi telur rentan terhadap enzim proteolitik dari telur dan mempercepat proses perubahan putih telur menjadi encer (Soekarto 2013).

Menurut Chen *et al.* (2014), adanya sedikit perubahan pH kuning telur untuk kedua telur yang diberi perlakuan DBD Plasma dan tidak diberi perlakuan selama penyimpanan refrigerasi 42 hari. Berdasar penelitian sebelumnya, tidak ada perbedaan yang signifikan dalam pH kuning telur antara telur yang diberi perlakuan DBD Plasma dan tidak diberi perlakuan. Telur yang disimpan pada suhu ruang dalam penelitian Biladeau *et al.* (2009), rata-rata pH kuning telur meningkat menjadi pH 6,28 pada minggu ke 6, serupa dengan pH 6,18 pada hari ke 42 dalam penelitiannya. pH kuning telur pada penyimpanan suhu ruang yang tidak diberi perlakuan dan diberi perlakuan DBD Plasma tidak menunjukkan perubahan signifikan selama 42 hari. pH kuning telur pada umumnya mendekati 6,0 (Wan *et al.*, 2017). Selama penyimpanan, pH kuning telur akan meningkat secara bertahap hingga mencapai 6,4-6,9.

Perbedaan pH kuning telur pada telur kontrol dan perlakuan DBD Plasma tidak berbeda jauh. Sama halnya dengan telur perlakuan DBD Plasma, telur kontrol juga mengalami peningkatan. Tetapi, pada hari ke-7 sempat mengalami penurunan. Hal ini dimungkinkan terjadi karena, karena ketebalan kerabang yang tipis dikarenakan oleh masa simpan telur (Riyanti, 2004). Nilai pH kuning telur diduga disebabkan oleh kontaminasi mikroba yang merusak komposisi isi telur. Hal ini sejalan dengan Lestari *et al.* (2015), mikroba dapat mengontaminasi telur sejak telur masih berada disaluran telur yaitu ketika kuning telur menempel pada indung telur, membran vitelin dan putih telur berada disaluran oviduct, serta pada pertukaran lokasi antara permukaan luar dan dalam pada kerabang. Ketika telur sudah berada di luar tubuh induk, maka mikroba dapat menetrasi telur melalui pori-pori kerabang.

Tabel 4.6 Nilai pH Kuning Telur Selama Penyimpanan 14 Hari

Lama Penyimpanan	Perlakuan	
	Kontrol	DBD Plasma
0	6.18 ± 0.14	6.33 ± 0.09
5	6.39 ± 0.17	6.15 ± 0.17
7	6.16 ± 0.18	6.42 ± 0.26
11	6.48 ± 0.44	6.70 ± 0.21
14	6.71 ± 0.37	6.95 ± 0.15

Parameter kualitas untuk telur kontrol dan perlakuan DBD plasma ditunjukkan pada **Tabel 4.6**. Tidak ada perubahan signifikan ($p > 0,05$) pada pH kuning telur untuk kontrol maupun dengan perlakuan DBD plasma yang diamati setelah perlakuan penyimpanan selama 14 hari. Tidak ada perubahan kekuatan membran vitelline yang diamati setelah perlakuan DBD Plasma dan hasilnya sebanding dengan nilai yang dipublikasikan sebelumnya (Banerjee, 2010).

4.3.8 Hasil Pengujian Nutrisi Telur Ayam

Analisis ini penting untuk mengetahui komposisi gizi pada telur ayam ras yang disterilisasi menggunakan alat berbasis *Dielectric Barrier Discharge* (DBD) *plasma*. Telur yang diujikan adalah telur tanpa perlakuan sterilisasi dan telur yang disterilisasi menggunakan tegangan sebesar 22 V selama 5 menit. Hasil dari pengujian nutrisi telur dapat dilihat pada **Tabel 4.7** Dibawah ini:

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Proksimat Penyimpanan Awal dan Akhir Penyimpanan dalam 65 gr Telur

Parameter	Hari ke-	Perlakuan		Standar Telur dalam 60 gr (SNI 3926:2008)
		Kontrol	DBD Plasma	
Protein (%)	Hari ke-0	7.13	7.84	8.00-13.40
	Hari ke-14	11.81	10.81	
Lemak (%)	Hari ke-0	8.38	7.3	8.5-11.80
	Hari ke-14	8.43	7.26	
Air (%)	Hari ke-0	77.75	80.58	72.5-75.5
	Hari ke-14	74.41	77.5	
Abu (%)	Hari ke-0	0.89	0.78	0.80-1.00
	Hari ke-14	0.87	0.84	

Pada penelitian ini, diperoleh hasil kandungan protein pada telur kontrol pada hari ke-0 yaitu 7.13%, namun meningkat menjadi 11.81% di hari ke-14. Yuwanta (2010) menjelaskan bahwa ovalbumin adalah protein utama dari putih telur yang menempati 54% total protein putih telur, ovalbumin ini mudah terpecah oleh adanya panas sehingga terjadi koagulasi dan kehilangan air dapat terjadi karena lama penyimpanan telur, penguapan air mengakibatkan pula terjadinya perluasan rongga udara. Ditambahkan oleh Agustina (2013), protein telur lebih sensitive terhadap panas daripada kuning telur. Koagulasi mulai terjadi pada suhu 60°C pada putih telur dan 65°C pada kuning telur.

Kemudian kandungan lemak pada hari ke-0 untuk telur kontrol yaitu 8.38%, kemudian terjadi peningkatan menjadi 8.43%. Pada telur asin asap, kadar lemak semakin lama penyimpanan semakin meningkat. Dikarenakan, penggunaan suhu interval 70- 80°C selama proses pengasapan terhadap masing-masing perlakuan telur asin asap (Novia *et al.*, 2012). Seharusnya, semakin lama penyimpanan kandungan lemak telur semakin menurun. Menurut Alfiah *et al.* (2015) salah satu penyebab kerusakan lemak adalah adanya reaksi hidrolisis. Reaksi hidrolisis menyebabkan pemecahan lemak menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Air merupakan katalis dalam proses hidrolisis lemak. Kandungan air dalam lemak akan memicu terjadinya proses hidrolisis yang mengakibatkan terbentuknya asam

lemak bebas. Jika kadar air didalam lemak tersebut tinggi, maka kemungkinan terjadinya reaksi hidrolisis akan semakin besar dan akan memicu kenaikan asam lemak bebas sebagai hasil pemecahan trigliserida.

Selanjutnya pada kandungan air di hari ke-0 sebesar 77.75, kemudian menurun pada hari ke-14 menjadi 74.41. Sudaryani (2003) menyatakan bahwa kadar air merupakan komposisi telur yang penting karena mempengaruhi kualitas interior telur dan selama penyimpanan, kadar air putih telur menurun tidak hanya disebabkan penguapan air tetapi juga adanya difusi air dari putih telur menuju kuning telur. Kadar air telur dipengaruhi oleh kecepatan penguapan, suhu dan kelembaban tempat penyimpanan telur. Ditambahkan Gary *et al.* (2009), semakin lama penyimpanan semakin besar ukuran kantong telur, karena penguapan air akan menyebabkan penempelan membran luar pada kerabag dan membrane dalam menempel pada albumen.

Untuk kadar abu pada hari ke-0 sebesar 0.89% dan menurun pada hari ke-14 menjadi 0.87. Pada penelitian Gumay (2009) tentang nilai gizi pada telur asin, menunjukkan bahwa kadar abu mengalami peningkatan karena dipengaruhi faktor pakan yang diberikan kepada itik. Serta dipengaruhi pula oleh proses pembuatan dari telur asin itu sendiri. Bila dibandingkan dengan telur itik segar, telur yang melalui pemrosesan lebih meningkat kadar abunya.

Pada telur perlakuan DBD Plasma, diperoleh hasil kandungan protein pada pada hari ke-0 yaitu 7.84%, namun meningkat menjadi 10.81% di hari ke-14. Berdasar Ji *et al.* (2017), perlakuan DBD Plasma mempengaruhi terhadap kelarutan, stabilitas emulsi, dan WHC protein kacang tanah dipelajari. Hasilnya menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kelarutan, stabilitas emulsi, dan WHC mengikuti perlakuan DBD Plasma. Namun berdasar Pankaj (2018), efek DBD Plasma dalam protein dipelajari pada ikan makarel segar, dimana menghasilkan penurunan di dalam air yang terletak di jaringan myofibrillar yang padat protein. Kemudian studi lain pada tepung gandum juga mengakibatkan perubahan struktur protein akibat oksidasi kelompok dan formasi sulfhidril dari ikatan disulfida, yang mempengaruhi sifat struktural dan fungsionalnya.

Lalu kadar lemak pada telur ayam dengan perlakuan DBD Plasma di hari ke-0 7.30% dan turun pada hari ke-14 menjadi 7.26%. Hal ini belum sejalan dengan penelitian Rusdi (2002), yang mengatakan bahwa DBD Plasma dapat mempertahankan kadar lemak. DBD plasma yang kontak dengan bahan, dapat mempertahankan kadar lemak yang paling tinggi. Hal ini dapat dijelaskan sebagai

berikut bahwa makin lama DBD Plasma kontak dengan bahan dan makin rendah suhu bahan maka makin banyak konsentrasi yang terlarut dalam bahan dan kesempatan untuk memisahkan ikatan lemak dengan protein yang berada dalam bahan tersebut makin banyak. DBD Plasma bersifat oksidator, sehingga bila lemak yang merupakan pelindung protein bahan terpisah, maka kadar lemak secara proporsional lebih banyak terdeteksi pada waktu dilakukan analisis dengan menggunakan metode Gerber.

Kemudian, kandungan air pada hari ke-0 pada telur dengan perlakuan DBD Plasma, menurun, dimana pada hari ke-0 sebesar 80.58% menjadi 77.50%. Hal ini sejalan dengan Saraslifah (2016), dimana penggunaan DBD Plasma semakin membuat menurun kadar air sesuai penyimpanan. Ditunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan yakni mulai penyimpanan sampai hari ke-35 kadar air bahan mengalami penurunan. Karena elektron yang dihasilkan oleh DBD Plasma akan berenergi dan menyalurkannya pada molekul dalam bahan. Kemudian terjadi proses transfer energi elektron yang akan menyebabkan kadar air pada telur akan menurun pada hari ke-14. Bila dibanding dengan kontrol, DBD plasma dapat meningkatkan kadar air di hari ke-0. Hal ini dimungkinkan terjadi karena, perlakuan DBD plasma pada lapisan gelatin bovine meningkatkan kekasaran dan kandungan oksigen pada permukaan lapisan. Peningkatan pada kelompok kutub COH dan CO diamati setelah perlakuan dengan plasma. Kenaikan rasio O/C ternyata sangat bergantung pada waktu perlakuan daripada besar arus perlakuan. Peningkatan polaritas ini juga meningkatkan hidrofilitas lapisan gelatin dan meningkatkan komponen polar dari energi bebas pada permukaan. Hasil menunjukkan bahwa meskipun, dengan perlakuan plasma dingin memiliki sedikit dampak pada permukaan lapisan, namun bahkan pada perlakuan maksimum, tidak mengubah secara signifikan (Pankaj, 2015).

Untuk kadar abu pada telur dengan perlakuan DBD Plasma pada hari ke-0 sebesar 0.78 namun pada hari ke-14 menjadi 0.84. Pengaruh teknologi plasma pada perubahan kimia pada makanan belum diketahui secara pasti, namun ada peningkatan kadar flavanoid pada perlakuan plasma menggunakan selada domba, dikarenakan pengikisan kulit ari pada bahan (Eisenbrand, 2012). Belum diketahui secara pasti alasan perubahan kimia dalam proses sterilisasi telur dengan menggunakan teknologi plasma (Pradeep, 2016).

Bila dibandingkan dengan SNI telur nomer 3926 tahun 2008, pada telur kontrol kadar protein pada hari ke-0 baik kontrol maupun dengan DBD Plasma

belum sesuai dengan SNI. Namun di hari ke-14 sudah sesuai dengan SNI yaitu diatas 8.00. Selanjutnya untuk kadar lemak, pada hari ke-0 dan hari ke-14 pada kontrol sudah sesuai dengan SNI. Namun, untuk telur dengan perlakuan DBD Plasma belum sesuai dengan SNI. Pada kadar air, baik kontrol maupun pada DBD Plasma sudah memenuhi standar SNI yaitu diatas 72.5%. Untuk kadar abu, pada kontrol serta DBD Plasma sudah memenuhi SNI 3926:2008.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Kualitas fisik pada telur ayam (*Gallus gallus domesticus*) yang meliputi Haugh unit dan indeks kuning telur, semakin menurun selama proses penyimpanan 14 hari pada suhu ruang. Namun, nilai HU dan IKT pada telur dengan perlakuan DBD Plasma lebih tinggi dibanding dengan telur tanpa perlakuan DBD Plasma. Dimana, hal ini menunjukkan dengan memakai DBD Plasma untuk perlakuan akan lebih memberikan kualitas yang lebih tinggi daripada tidak diberi perlakuan DBD Plasma.
2. Untuk kualitas kimia telur ayam (*Gallus gallus domesticus*) yang meliputi pH putih telur dan pH kuning telur, semakin meningkat nilai pH selama proses penyimpanan 14 hari pada suhu ruang. Walaupun pada hari tertentu nilai pH sempat menurun. Namun, dapat disimpulkan bahwa nilai pH baik putih telur maupun kuning telur lebih tinggi telur yang diberi perlakuan DBD Plasma dibanding yang tidak.
3. Nutrisi telur sendiri pada penelitian ini tidak seberapa menunjukkan hasil yang signifikan. Karena pada tiap-tiap komponen mengalami penurunan dan kenaikan, baik untuk kontrol maupun untuk telur yang diberi perlakuan DBD Plasma.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengembangan kapasitas pada alat sterilisasi telur ayam berbasis Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma dan memberikan konveyor agar proses sterilisasi dapat berjalan secara kontinyu, serta sterilisasi telur ayam semakin efektif dan efisien sehingga kualitas telur ayam dapat semakin terjaga. Selain itu, perlu juga dilakukan percobaan pada komoditas pangan lain selain telur.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, N. 2013. Uji Salmonella-Shigella pada Telur Ayam yang Disimpan pada Suhu dan Waktu Yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Edu Research* Vol.2 No.1. Hal 35-46
- Agustina, N., Thohari, I., dan Rosyidi, D. 2013. Evaluasi Sifat Putih Telur Ayam Pasteurisasi Ditinjau dari pH, Kadar Air, Sifat Emulsi dan Daya Kembang Angel Cake. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan* 23 (2): 6-13. ISSN: 0852-3581
- Ahmad, N. 2015. Kualitas Telur Ayam Ras yang Dipelihara pada Sistem *Free-Range* dengan Waktu Pemberian Naungan Alami yang Berbeda. Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin Makassar
- Alfiah, C., Wahono H. S. 2015. Penanganan Pasca Panen Kelapa Sawit (Penyemprotan CaCl_2 Dan Kalium Sorbat Terhadap Mutu Crude Palm Oil). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(1) : 61-72
- Andriawan, V dan Bambang S. 2015. "Susu Listrik" Alat Pasteurisasi Susu Kejut Listrik Tegangan Tinggi (Pulsed Electric Field) Menggunakan Transformator Tegangan Tinggi dan Inverter. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. Volume 3 (2). Halaman : 199-210
- Anton, M. 2007. Composition and Structure of Hen Egg Yolk. Pages 1-6 in Bioactive Egg Compounds. R. Huopalahti, R. López-Fandiño, M. Anton, and R. Schade eds. Springer Berlin Heidelberg
- Argo, L.B., Tristiarti, dan I. Mangisah. 2013. Kualitas fisik telur ayam arab petelur fase 1 dengan berbagai level *Azolla Microphilla*. *J. Anim. Agricult.* 2(1):9-10.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 01-6366-2000. Batas Maksimum Cemaran Mikroba dan Batas Maksimum Residu dalam Bahan Makanan Asal Hewan. Dewan Standarisasi Indonesia. Jakarta
- Banerjee, P. 2010. The effect of carbon dioxide on lysozyme activity and quality of chicken eggs. M. S. Thesis. Purdue University. West Lafayette
- Belitz, H. D and W. Grosch. 2009. Food chemistry. Edisi 4 Revisi. Berlin.
- Bell, D. and Weaver. 2002. *Commercial Chicken Meat and Egg*. Kluwer Academic Publishers. United States of America
- Biladeau, A dan Keener, K. 2009. The Effects of Edible Coating on Chicken Egg Quality Under Refrigerated Storage. *Poultry Science*, 88(6): 1266-1274

- Bobyda, 2009. Telur yang penuh khasiat. <http://infoduniat.com>. 20 September 2017
- Caner, C. 2005. The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85:1897-1902
- Chandra, M. A. 2014. Kualitas Telur Ayam Ras yang Diperdagangkan di Pasar Tradisional Kota Pekanbaru. *Skripsi*. UIN Sultas Syarif Kasim Riau. Pekanbaru
- Chang-Ho K, Jong-Ho S, Jae-Cheong L. Kyung-Woo L. 2014. Age-related changes in egg quality of hy-line brown hens. *IJPS*. 13(9):510-514.
- Chen, Y. 2014. High Voltage Atmospheric Cold Plasma Treatment Of Refrigerated Chicken Eggs For Control Of Salmonella Enteritidis On External Surfaces. Open Access Theses. Paper 414
- Cornelia, A., I. K. Suada, M. D. Rudyanto. 2014. Perbedaan Daya Simpan Telur Ayam Ras yang Dichelupkan dan Tanpa Dichelupkan Larutan Kulit Manggis. *Indonesia Medicus Veterinus* 3(2): 112-119.
- Dewan Standardisasi Nasional. 2008. SNI 01-3926-2008. Telur Ayam Konsumsi. Standar Nasional Indonesia, Jakarta
- Djaelani, M. A. 2016. Ukuran Rongga Udara, pH Telur dan Diameter Putih Telur, Ayam Ras (*Gallus L.*) setelah Pencelupan dalam Larutan Rumput Laut dan Disimpanan Beberapa Waktu. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* Vol. 1 No. 1
- Eisenbrand, G., Prof. Dr., Prof. Dr. P. Diel, Prof.Dr.K-H Engel, Prof. Dr. J. Fink-Gremmels, Prof. Dr. J.G. Hengstler, Prof. Dr. Hans-Ulrich H., Prof. Dr. HansGeorg J., Prof.Dr.D. Knorr, Prof.Dr.D. Marko, Prof. Dr. I.M.C.M. Ivonne Rietjens, Prof. Dr. P. Steinberg. 2012. *Opinion on The Use of Plasma Processes for Treatment of Foods*. Jerman: SKLM Commission Secretariat.
- Fahruhllah. 2012. Pengaruh Penggunaan Probiotik Komersial sebagai Bahan Curing pada Pembuatan Telur Itik Asin. Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Jurusan Teknologi Pertanian. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Fani, M. 2000. Kajian Kualitas dan Keamanan Telur Ayam Konsumsi pada Peternakan Ayam Petelur dengan Kepemilikan yang Berbeda di Kabupaten Bogor. *Skripsi*. Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan. Fakultas Peternakan: Institut Pertanian Bogor

- Gary, D., Butcher, D. V. M., dan Miles, R. 2009. Ilmu Unggas. Lembaga Ilmu Pangan dan Pertanian. Universitas Florida. Gainesville
- Giusti, M. M. and R.E. Wrolstad. 2010. *Characterization and Measurement of Anthocyanin by UV-Visible Spectroscopy*. John Willey and Sons. Inc. London
- Gustiani, E. 2009. Pengendalian Cemarkan Mikroba pada Bahan Pangan Asal Ternak (Daging dan Susu) Mulai dari Peternakan Sampai Dihidangkan. *Jurnal Litbang Pertanian*. Vol. 28(3): 96-100
- Hadi Y, Wahyudi S, dan Sugiono. 2014. Aplikasi Metode Objective Matrix dan Response Surface Methodology untuk Peningkatan Produktivitas. *Jemis* Vol. 2 No. 1 ISSN 2338-3925
- Hadiyat, M. A. 2012. Response-surface dan Taguchi: Sebuah Alternatif atau Kompetisi dalam Optimasi secara Praktis. Skripsi. Ubaya. Surabaya
- Hajrawati dan M. Aswar. 2011. Kualitas interior telur ayam ras dengan penggunaan larutan daun sirih (*Piper Betle* L.) sebagai bahan pengawet. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Makassar
- Haryoto. 2010. *Membuat Telur Asin*. Kanisius. Yogyakarta
- Jazil, N., A. Hintono, S. Mulyani. 2012. Penurunan Kualitas Telur Ayam Ras dengan Intensitas Warna coklat kerabang berbeda selama penyimpanan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 1(2): 43-47.
- Ji, H., Dong, S., dan Han, F. 2017. Effects of Dielectric Barrier Discharge (DBD) Cold Plasma Treatment on Physicochemical and Functional Properties of Peanut Protein. *Food and Bioprocess Technology* Volume 11 Issue 2 (344-354)
- Kusnadi. 2007. Sifat Listrik Telur Ayam Kampung Selama Penyimpanan. *Skripsi*. Departemen Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Institut Pertanian Bogor.
- Kusumawati, E., M.D. Rudyanto, & I.K. Suada. 2012. Pengasinan mempengaruhi kualitas telur itik Mojosari. *Indonesia Medicus Veterinus*, 1(5): 645 – 656
- Lahlou M, Berrada R, Agoumi A, Hmamouchi M. 2000. The potential effectiveness of essential oils in the control of human head lice in Morocco. *Int J Aromather* 10: 108–123
- Lestari, D, Riyanti dan Wanniatie, V. 2015. Pengaruh Lama Penyimpanan dan Warna Kerabang terhadap Kualitas Internal Telur Itik Tegal. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu* Vol. 3(1): 7-14

- Litbang Pertanian. 2010. *Telur Sumber Makanan Bergizi*. Jakarta: Kementrian Pertanian RI
- Marwati, R, Azhari dan Ismail. 2013. Efek Pemberian Pakan yang Mengandung Ampas Kedelai Difermentasi *Aspergillus niger* terhadap Kualitas Interior Telur Ayam Kampung (*Gallus domesticus*). *Jurnal Medika Veterinaria*. ISSN: 0853-1943
- Montgomery, D. C. ,1997. *Design and Analysis of Experiments, 4th edition*. John Wiley & Sons. New York
- Morgan, R. 2009. UV "Green" Light Desinfection. Dairy Industry. *Intl*. 54(11): 33-35
- Muchtadi, T. R, Ayustaningwarno, F dan Sugiyono. 2010. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Penerbit Alfabeta. Bandung
- Muller, a., Stahl, M. R., Graef, V., Franz, C. A. M., and Huch, M. 2011. UV-C Treatment of Juices to Inactivate Microorganisms using Dean Vortex Technology. *Jurnal of Food Engineering*. 107 , 268-275
- Mulza D, Ratnawulan, dan Gushadi. 2013. Uji Kualitas Telur Ayam Ras terhadap Lamanya Penyimpanan Berdasarkan Sifat Listrik. *Pillar of Physics*. Vol. 1, 111-120
- Nasution, A. S. 2017. Kualitas Telur Pertama Burung Puyuh dengan Pemberian Tepung Daun Pepaya dalam Ransum. *Jurnal Peternakan*. Vol. 1, No. 1
- Novia, D., Julyarsi, I., dan Fuadi, G. Kadar Protein, Kadar Lemak dan Organoleptik Telur Asin Asap Berbahan Bakar Sabut Kelapa. *Jurnal Peternakan* Vol.9 No. 1 (35-45)
- Nur, M. 2011. *Fisika Plasma dan Aplikasinya*. Universitas Diponegoro. Semarang
- Nuryanti dan Salimy D. 2008. Metode Permukaan Respon dan Aplikasinya pada Optimasi Eksperimen Kimia. *Risalah Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir*. 373-391
- Nuryati, L., B. Waryanto, Noviati. 2015. (*Outlook Telur*) *Komoditas Pertanian Sub Sektor Peternakan*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Jakarta
- Pemerintah RI. 1996. UU RI No. 7 Tahun 1996 Tentang Pangan. Jakarta: Lembaran Negara RI.
- Nuryati, T. Sutarto, dan M. Khamim. 2000. *Sukses Menetaskan Telur*. Penebar Press. Bogor
- Pankaj, S., Wan, Z., dan Keener, K. 2018. Effects of Cold Plasma on Food Quality: A Review. *Foods* Vol. 7 No. 4: (1-21)

- Pradeep, P., C. Soee and M. Chulkyoon. 2016. Afterglow Corona Discharge Air Plasma (ACDAP) for Microbial Decontamination of Shell Eggs: Effect On Physicochemical Properties. *Journal of Biotechnology*. Vol. 11 (8)
- Pratama, Y., Adianti, A., dan Prastiwi D. .2016. Penerapan Teknologi Plasma dengan Memanfaatkan Rancang Bangun Ozone Generator untuk Pengawetan Cabai Merah (*Capsicum Annuum L.*) Guna Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. *Youngster Physics Journal*. Volume: 5 (2), 69-74
- Prayoga, W. dan Agustin K. W. 2015. Polymerase Chain Reaction untuk Deteksi *Salmonella sp.* Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Volume:3(2), 483-488
- Pribadi A, Kurtini T, Sumardi. 2015. Pengaruh pemberian probiotik dari mikroba Purwati, D., Djaelani M., dan Yuniwarti E. Indeks kuning Telur (IKT), Haugh Unit (HU) dan Bobot Telur pada Berbagai Itik Lokal di Jawa Tengah. *Jurnal Biologi*. Vol. 4, No. 2
- Refriyetni, W. 2011. Mutu Fisik Telur Ayam Ras (Studi Kasus di Pasar Simpang Baru Kota Pekanbaru). *Skripsi*. UIN Sultas Syarif Kasim Riau. Pekanbaru
- Restiwijaya, M., Nur, M., dan Winarni, T. A. Analisa Produksi Ozon dalam Reaktor Dielectric Barrier Discharge Plasma (DBDP): Pengaruh Impedansi Elektroda Spiral. *Berkala Fisika*. Vol. 17, No. 1. ISSN: 1410-9662
- Rijal, S., dan Nur, M. 2016. Analisa Pengaruh Ozonisasi Hasil Lucutan Plasma Berpenghalang Dielektrik pada Beras terhadap Perubahan Amilografi, Kekerasan dan Warna. *Youngster Physics Journal*. Volume: 4 (1), 61-66
- Rusdi, U. dan Suliasih, N. 2002. Ozonisasi dan Kualitas Air Susu. *Jurnal Bionatura* Vol. 4, No. 2: 96-107
- Saraslifah, Nur, M., dan Arianto, F. 2016. Pengaruh Ozon yang Dibangkitkan Melalui Reaktor Plasma Berpenghalang Dielektrik Elektroda Silinder Spiral Terhadap Pengawetan Cabai. *Youngster Physics Journal* Vol. 5 No. 4
- Sihombing R, Kurtini T, Nova K. 2014. Pengaruh lama penyimpanan terhadap Sirajuddin, D.. 2007. *Plasma Sterilization*. USA: NERS 590 Plasma Engineering
- Sodak, J. 2011. Karakteristik Fisik dan Kimia Telur Ayam Arab pada Dua Peternakan di Kabupaten Tulungagung Jawa Timur. *Skripsi*. IPB. Bogor
- Soekarto, S. 2013. *Teknologi Penanganan dan Pengolahan Telur*. Bandung
- Soeparno, R.A., Rihastuti, I., dan S. Triatmojo. 2011. Dasar Teknologi Hasil Ternak. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

- Sriyuniarti, P. 2000. Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan Telur Konsumsi dan Telur Biologis terhadap Kualitas Interior Telur Ayam Kampung. *Tesis*. Universitas Terbuka. Fakultas Peternakan. Jakarta
- Standar Nasional Indonesia nomor 01-3926-2006 Telur Ayam Konsumsi. Badan Standar Nasional. Jakarta
- Sudaryani, T. 2003. Kualitas Telur. Penebar Swadaya. Jakarta
- Sumitra, P., Sukada, I., dan Suada, I. 2012. Pengetahuan Pedagang Tradisional dalam Penanganan Telur Ayam. *Indonesia Medicus Veterinus* 1(5): 657-673. ISSN: 2301-784
- Suprpti, L. M. 2002. *Pengawetan Telur: Telur Asin, Tepung Telur, dan Telur Beku*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Teke, S., Nur, M., dan Winarni, T. A. 2014. Produksi Ozon dalam Reaktor *Dielectric Barrier Discharge Plasma* (DBDP) Terkait Panjang Reaktor dan Laju Alir Udara serta Pemanfaatannya untuk Menjaga Kualitas Asam Amino Ikan. *Jurnal Berkala Fisika*. Volume: 17 (1), 25-32
- Wan, Z., Chen, Y., Pankaj, S. K., dan Keener, K. M. 2017. High Voltage Atmospheric Cold Plasma Treatment of Refrigerated Chicken Eggs for Control of *Salmonella enteritidis* Contamination on Egg Shell. *Food Science and Technology* 76: 124-130
- Warintek. 2016. *8 Pengawetan Telur Segar*. Tekno Pangan dan Agroindustri, Volume 1 Nomor 2. <http://warintek.ristekdikti.go.id>. 22 September 2017
- Widyantara, P., Dewi, G., dan Ariana, I. 2017. Pengaruh Lama Penyimpanan terhadap kualitas Telur Konsumsi Ayam Kampung dan Ayam Lohman Brown. *Majalah Ilmiah Peternakan*. Volume 20, Nomor 21
- Winarno, F. G. 2002. *Telur: Komposisi, Penanganan dan Pengolahannya*. M-Brio
- Wong, P dan Kitts, D. 2003. Physiochemical and Functional Properties of Shell Eggs Following Electron Beam Irradiation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83(1): 44-52
- Yamamoto, T., L.R. Juneja, H. Hatta, & M. Kim. 2007. *Hen Eggs: Basic and Applied Science*. University of Alberta. Canada
- Yosi F, Sandi S, dan Afridayanti N. 2015. Pengaruh Penggunaan Asap Cair dan Lama Penyimpanan terhadap Kualitas Telur Itik Pegagan. *Jurnal Peternakan Sriwijaya*. ISSN 2303-1093

Yuwanta T. 2010. *Telur dan Kualitas Telur*. Yogyakarta (ID): Gajah Mada University Pr

